Beiträge

zur

Anatomie der Globulariaceen und Selaginaceen

und zur

Kenntnis des Blattcambiums.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

der hohen philosophischen Facultät

der Königlichen Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Hugo Kupffender

aus Neuhaus a. d. Elbe.

KIEL, 1891.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535709_0069

Meinen teuren Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Die vorliegende Arbeit wurde von mir auf Anregung des Herrn Professor Dr. J. Reinke im Sommersemester 1890 und im Wintersemester 1890|91 im botanischen Institut der Universität Kiel ausgeführt und das Material mir aus dem botanischen Garten daselbst zur Verfügung gestellt.

Mit Freuden ergreife ich die Gelegenheit, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. J. Reinke

meinen verbindlichsten Dank auszusprechen für die Anleitung und ständige Belehrung, welche derselbe mir bei der Anfertigung dieser Arbeit hat zu Teil werden lassen.

Einleitung.

In neuerer Zeit ist mehrfach bewiesen worden, dass die Kenntnis von den anatomischen Verschiedenheiten der Pflanzen nicht nur von hohem Werte für die Systematik sei, sondern dass sie bei der Aufstellung eines natürlichen und phylogenetischen Systems nicht zu entbehren und in vielen Fällen sogar berufen ist, ein ausschlaggebendes Urteil zu ermöglichen.

Schon im Jahre 1859 hat Th. Hartig[1]) 383 verschiedene Pflanzen in 58 Reihen und 5 grössere Gruppen nach dem Vorhandensein oder Fehlen verschiedener Holzelemente geordnet und die Ansicht ausgesprochen, dass sich zwar aus dem inneren Bau Verschiedenheiten und Übereinstimmungen ergeben, welche mit den heutigen „aus Äusserlichkeiten hergeleiteten Systemen" wenig zu harmonieren scheinen, dass es aber wohl möglich wäre, einzelne Familien recht gut zusammenzustellen, wie die Pomaceen, Amygdaleen, Ericaceen, Cupuliferen, Inglandeen u. a. Im Jahre 1863 stellte auch C. Sanio[2]) vergleichende Untersuchungen über die Anordnung der Elementarorgane des Holzkörpers an und giebt am Schlusse seiner Beschreibung eine systematische Übersicht von 166 Pflanzen, welche derselbe in 17 grössere Ordnungen mit verschiedenen Unterabteilungen klassifiziert hat. Er folgert aus seinen Resultaten, dass die Holzanatomie wie die vergleichende Anatomie überhaupt zur Stütze der Systematik benutzt werden könnte, jedoch keineswegs im Stande sei, die auf morphologischen Unterschieden beruhenden Systeme zu stürzen.

In neuerer Zeit war es in erster Linie Radlkofer, welcher in seiner Abhandlung „Über die Methoden in der botanischen Systematik, insbesondere die anatomische Methode" für die Notwendigkeit der Nutzbarmachung anatomischer Thatsachen für die Systematik einen klaren und ausführlichen Beweis lieferte. Der-

[1]) Botan. Zeitg. 1859. pag. 105 Anmerk. u. pag. 107.
[2]) Botan. Zeitg. 1863. pag. 387, 408.

selbe weist darauf hin, dass die anatomische Methode oder genauer ausgedrückt, die Methode der mikroskopisch-anatomischen und mikrochemischen Untersuchung auf alle Klassen und Familien ausgedehnt werden müsse und ist der Überzeugung, dass die Wissenschaft aus dieser namhaften Arbeit, welche im besonderen der Systematik daraus erwächst, auch einen namhaften Gewinn erzielen würde. Diese Aussicht erwirbt der anatomischen Methode besonders in neuerer Zeit viele Anhänger, so dass man mit Radlkofer die Behauptung aussprechen kann, „wenn in den 100 Jahren seit Linné die morphologische Methode mit den ihr zunächst stehenden Hilfsmethoden es war, welche die Thätigkeit der Systematiker bestimmte und die Gestaltung des natürlichen Systems beherrschte, so gehören die nächsten hundert Jahre der anatomischen Methode an und der Ausgestaltung des Systems durch sie."

Als eine der ersten Arbeiten, in welcher die Aufsuchung anatomischer Thatsachen für die Ziele der Systematik exact verfolgt wurde, bezeichnet uns Radlkofer die im Jahre 1875 von der k. Akademie der Wissenschaften in München veröffentlichte Monographie der Sapindaceengattung Serjania, in welcher 120 Arten dieser Gattung in dem angegebenen Sinne analysiert worden sind.

Seitdem sind bereits zahlreiche Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Pflanzen geliefert worden. Über die Globulariaceen und Selaginaceen sind eingehendere Untersuchungen bisher nicht veröffentlicht worden. Nur Solereder[2]) giebt in seiner Arbeit „Über den systematischen Wert der Holzstructur bei den Dicotyledonen" eine kurze Characteristik des Xylems. Ausser den benannten Erscheinungen auf literarischem Gebiet mögen besonders noch folgende Erwähnung finden, welche ich bei der Ausführung meiner Arbeit benutzte:

J. Vesque: Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la fenille. Ann. d scien. nat. Sér. VII T. I.

A. Born: Vergleichend-systematische Anatomie des Stengels der Labiaten und Scrophylariaceen mit vergleichenden Ausblicken auf die nächstverwandten Familien. Berlin. 1886.

[1]) Festrede. München 1883.
[2]) München. 1885.

I. Reinke: Lehrbuch der allgemeinen Botanik mit Einschluss der Pflanzenphysiologie. Berlin. 1880.

A. de Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig. 1877.

G. F. Rhein: Beiträge zur Anatomie der Cäsalpiniaceen. Kiel. 1888.

Bei meinen Untersuchungen zur Aufschliessung der speciellen Anatomie der Globulariaceen und Selaginaceen habe ich es nicht unterlassen, auch der Anatomie des Blattes den ihr gebührenden Platz einzuräumen. Radlkofer[1]) betont, dass die anatomische Untersuchung nicht bei den Stammtheilen stehen bleiben darf, wenn man dieselbe methodisch für die Systematik ausnutzen will, sondern sich ebenfalls auf die anderen Pflanzenteile erstrecken muss, insbesondere auf solche, welche schon von je her bei der systematischen Unterscheidung generell zusammen gehöriger Gewächse als hervorragende Träger besonderer Formen in Betracht gezogen worden sind. Als solche stehen die Blätter mit in der ersten Reihe und Vesque hat schon auf Grund der Blattanatomie allein die Hauptfamilien der Gamopetalen characterisiert.

Bei der Untersuchung des Stengels habe ich besonders Gewicht auf das Xylem gelegt. Ich habe dabei auch die Grösse des Lumens der Tüpfeltracheen berücksichtigt, wie solches Solereder in seiner Abhandlung l. c. bei allen Gattungen durchgeführt hat. Indess bin ich zu der Ansicht gekommen, dass man auf die Grösse des Lumens keinen grossen systematischen Wert zu legen braucht, da der Durchmesser nicht nur in den verschiedenen Jahresringen verschieden gross ist, sondern in ein und demselben bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. So variirt beispielsweise im siebenten Jahresringe von Globularia vulgaris die Radialweite der grosslumigen Gefässe zwischen 0,022 mm und 0,05 mm bei einer entsprechenden Tangentialweite von 0,022 mm und 0,033 mm. Solereder giebt aber für Selago und Globularia ins Gesammt einen Maximaldurchmesser von nur 0,024 bis 0,03 mm an, was wahrscheinlich darin seinen Grund haben wird, dass demselben nicht so alte Stämme zur Verfügung gestanden haben wie mir. Ich verweise zur genaueren Orientierung auf die Zahlenangaben im speciellen Teil meiner Arbeit, welche ich mehr

[1]) l. c. pag. 33. u. 50—53.

aus dem Grunde angeführt habe, um zu veranschaulichen, wie das Lumen mit den Jahresringen sich in radialer Richtung bedeutend vergrössert, während der Tangentialdurchmesser dagegen nicht im proportionalen Masse folgt.

Das Phloem ist nur mit kurzen Zügen der Vollständigkeit halber erwähnt, da sich bei einem genaueren und eingehenderen Studium desselben zu grosse Schwierigkeiten gegenüber den unbedeutenden Resultaten, welche für die vergleichende Anatomie und die Systematik ausgenutzt werden könnten, darbieten. Diese Schwierigkeiten beruhen hauptsächlich darin, dass die Weichheit der Gewebe die Herstellung brauchbarer Präparate bedeutend erschwert, weiter aber auch darin, dass der Uebergang des Cambiums in das Cambiform oder den Weichbast durch keine besonderen Merkmale gekenntzeichnet ist. Vor allen aber ist die Untersuchung des Phloems an getrocknetem Herbariummaterial in Folge des starken Zusammenschrumpfens und Eintrocknens der Bastteile recht erschwert. Aus diesen Gründen sind die meisten anatomischen Untersuchungen des Phloems ungenau und lückengeblieben;[1]) selbst die eingehende Beschreibung, welche Th. Hartig schon 1837[2]) gab, blieb unverstanden, bis es erst Mohl[3]) im Jahre 1855 gelang, befriedigende Resultate zu erzielen. Der angeführten Schwierigkeiten halber hat auch die specielle Anatomie des Bastes in den neueren Untersuchungen meistens nicht ganz klar gelegt werden können.

Schliesslich möchte ich noch darauf hinweisen, dass man zwar unschwer im Stande sein würde, die nachstehend untersuchten Globularialeeen und Selaginaceen nach den mannigfaltigen Unterschieden, welche sich aus ihrer anatomischen Beschaffenheit ergeben, systematisch zu ordnen, dass aber eine derartige Einteilung erst dann auf Vollkommenheit Anspruch machen und somit reellen practischen Wert erlangen kann, wenn sämtliche Arten oder doch die Mehrzahl derselben von beiden in die Untersuchung gezogenen Pflanzenfamilien, deren Zahl sich auf ungefähr 140 beläuft, in den Bereich der mikroskopisch-anatomischen Analyse gebracht worden sind. Meine Aufgabe konnte es nur sein, die angeführten fünf Arten zu analysieren, welche in dem hiesigen botanischen Garten kultiviert werden

[1]) cf. de Bary, pag. 536.
[2]) Hartig, Forstl. Culturpfl. pag. 95. Taf. 9., 10.
[3]) v. Mohl, Botan. Zeitung pag. 891.

Erster Teil.

Globulariaceae.

Globularia vulgaris L.

§ 1. Globularia vulgaris findet sich auf sonnigen Kalkbergen Mittel-Europas, so auch in Deutschland zerstreut, namentlich in den subalpinen Gebieten.

Sie zeichnet sich in morphologischer Hinsicht durch einen viel verzweigten unterirdischen Stamm mit beträchtlichem Dickenwachstum aus. Die primäre Wurzel stirbt ab und es entwickeln sich, ausgehend von dem Cambium der verschiedenen Jahresringe des unterirdischen Stammes adventive Beiwurzeln, welche von jüngeren Jahresringen umwallt diese durchbrechen. An die Erdoberfläche entsendet der alte Stamm zahlreihe Sprosse von holziger Beschaffenheit, an deren Scheitel sich viele rosettförmig angeordnete, etwas derbe Blätter entwickeln. Dieselben sind mit dem Blattstiele 13—15 cm lang Die Spreite beträgt davon ungefähr ein Drittel und ist umgekehrt eiförmig, in den Stiel spatelig verschmälert. An der abgestumpften Blattspitze entwickelt sich meistens ein Zähnchen in der Verlängerung des medianen Gefässbündels. Die relative Hauptachse wächst zu einem meistens ziemlich langen, ungefähr 25—30 cm hohen Blütenschaft aus, welcher mit kurzen circa 3 cm langen, lanzettförmigen Blättern in acyclischer Reihenfolge ziemlich dicht besetzt ist und terminal ein kugelförmiges Blütenköpfchen trägt. Am Grunde des Blütenschaftes ist derselbe von gedrängt sitzenden, zugespitzten Niederblättern umgeben, deren Form stengelaufwärts in die der erwähnten Stengelblätter übergeht. In den Achseln der grossen grundständigen Laubblätter entspringen mehrere Sprosse zweiter Ordnung, welche teils wiederum zu Blütenschäften auswachsen, teils kurz bleiben und in einer Blattknospe endigen.

Anatomie des Blattes.

α. Des grundständigen Laubblattes.

§ 2. **Gefässbündel:** In dem Blatte verlaufen fünf Hauptbündel, welche im Blattstiele parallel neben einander liegen und in die Blattspreite eintretend mehr aus einander weichen, um nach der Spitze zu wieder gegen dieselbe einzubiegen. Die vier seitlichen Gefässbündel leiten sich von dem medianen Bündel ab. Sogleich nach dem Eintritt desselben in den schmalen 1,5—2 mm breiten Blattstiel zweigen sich die mittleren Bündel gleichzeitig und sodann von diesen wieder die beiden äusseren ab. Während ihres Verlaufs im Blattstiel kommt es zuweilen vor, dass die letzteren wieder an das nächstgelegene Bündel herangedrängt werden und mit demselben in einen lockeren Zusammenhang treten.

Auf dem Querschnitt sind sie in einem Halbkreis gestellt, dessen Mitte das umfangreichere Medianbündel einnimmt. In Folge dessen ist der Blattstiel nach der Unterseite stark emporgewölbt, oberhalb hingegen rinnenförmig vertieft. Erst bei dem Eintritt in die Lamina und der damit verbundenen grösseren Ausdehnung der seitlichen Bündel treten auch diese äusserlich als Blattrippen auf der Unterseite hervor, während sie sich wiederum durch rinnenförmige Vertiefungen auf der Oberseite markieren. In demselben Stadium entstehen aus ihnen zahlreiche Bündel dritten und vierten Grades, welche sich nach allen Richtungen als Anastomosen in der Blattlamina ausbreiten. Diejenigen des vierten Grades endigen frei und zwar in mehreren angeschwollenen Köpfen.

Das Hauptgefässbündel in den Keimblättern besteht aus sechs Spiralgefässen und wenigen Phloemelementen. In den ausgewachsenen Laubblättern vermehren sich die Elemente der grösseren Gefässbündel bedeutend, während die kleineren Bündel auf wenige Spiralgefässe und Phloemelemente reduciert bleiben. Die vier seitlichen Bündel stimmen in ihrer Zusammensetzung im wesentlichen mit dem medianen überein. Dieses ist am kräftigsten entwickelt, und soll aus diesem Grunde nur das letztere speciell einer genaueren Beschreibung unterzogen werden. Dasselbe nimmt auf dem Querschnitt des Blattes ein gutes Drittel des medianen Durchmessers desselben ein. Es stellt sich uns auf dem benannten

Schnitte als eine durch besondere Scheidezellen kreisförmig begrenzte Scheibe dar, deren nach der Blattoberseite zugelegene Hälfte vom Xylem, deren andere Hälfte vom Phloem eingenommen wird. Im jugendlichen Zustande besteht das erstere aus Spiral- und Ringgefässen, welche mehrere ein- bis zweireihige radiale Strahlen bilden und verbunden sind durch eine oder zwei Zell schichten zarten Parenchyms, das Phloem aus langgestreckten Cambium- und Cambiformzellen (20 × 1) [1]) und den eingelagerten Siebröhren.

Was mir besonders auffiel, war die kräftig ausgebildete Zone von zartwandigem Reihencambium, welche man am besten im Basalteile des zweit- oder drittjüngsten Blattes der Blattknospe beobachten kann. In Folge der längere Zeit andauernden Zellteilung innerhalb dieser Cambiumschicht wird während der Entwickelung des Blattes das Xylem, sowie das Phloem sekundär vermehrt. Es entstehen einerseits sowohl Gefässe als auch Tracheiden und Holzfasern, andererseits Cambiformzellen und Bastfasern. Dieses typische Auftreten des Bildungsgewebes veranlasste mich, weitere Untersuchungen bei den verschiedenen Pflanzen anzustellen, deren Resultate am Schlusse der Arbeit angefügt sind.

In älteren Blättern gestaltet sich der Bau des Gefässbündels folgendermassen. Die in radiale Strahlen angeordneten Xylemelemente nehmen nach dem Phloem hin sowohl an Umfang wie an Zahl zu. Als Anfangsglieder sind Spiral- und Ringgefässe, ferner auch Übergangsformen zwischen beiden vorhanden, während als sekundäre Elemente zunächst Tüpfelgefässe und getüpfelte Holzfasern, später also am äusseren Rande des Xylems fast nur faserähnliche Tracheiden mit einfachen Tüpfeln auftreten. Zu den mit einem einzigen Spiralgefäss gewöhnlich beginnenden Strahlen treten auf dem radialen Verlauf eine oder mehre neue Reihen von kürzerer radialer Ausdehnung hinzu, so dass sie am

[1]) Anmerk. Die in Parenthese gesetzten Zahlen sollen das Grössenverhältnis der Längswände der betreffenden Zellform zu den Querwänden kurz angeben. So bedeutet der Ausdruck (20 × 1), dass die Zelle zwanzigmal so lang als breit ist. Der Ausdruck (2 bis 3 × 1) oder (2 bis 3 × 1) erklärt sich hiernach von selbst. Ist eine dritte Zahl angegeben, z. B. (20 × 10 × 1), so soll die erste Zahl wieder den longitudinalen Durchmesser, die zweite den tangentialen und die letzte den radialen Querdurchmesser angeben. Dabei sei darauf aufmerksam gemacht, dass die Zahlen die Dimensionen der Zellen nur annähernd andeuten sollen.

Cambium meistens mit drei oder auch vier nebeneinander liegenden Reihen enden. Diese stark verholzten Elemente sind auf dem Querschnitt rundlich viereckig und ihr Lumen, welches bald kleiner bald grösser ist, gestaltet sich kreisrund oder oval. Im allgemeinen nimmt das letztere nach dem Phloem hin ein wenig zu. Die porösen Elemente besitzen sämtlich einfache Tüpfel, welche ellipsoidisch oder zugespitzt und meistens horizontal gestellt sind. Sie finden sich überall gleich zahlreich verteilt. Zwischen den einzelnen verholzten Elementen finden sich vielfach kleine schmale Interstitien. Der Raum zwischen den einzelnen Strahlen, welche von den verholzten Elementen gebildet werden, wird von zartwandigem Parenchym ausgefüllt, dessen Zellen ebenfalls in ein- oder zweireihige radiale Strahlen geordnet sind. Es besitzt sehr zarte aus reiner Cellulose bestehende Zellwände und protoplasmatischen Inhalt. In der Umgebung der ersten Holzgefässe verdicken sie sich cellenchymatisch und nehmen den nach oben gelegenen durch die Schutzscheide begrenzten Teil des Xylems ein. Auch werden die Parenchymzellen vom Cambium aus in gleichem Masse vermehrt, wie die verholzten Elemente und lassen sich in vielen Fällen auch nach der anderen Seite durch das Phloem hindurch verfolgen.

Der Bastkörper differenziert sich in drei concentrische halbmondförmige Zonen (Q. Sch.) [1]) Die innerste ist von beträchtlicher Breite und wird durch das Cambium und das Cambiform gebildet, zwischen denen keine deutliche Abgrenzung, sondern ein allmählicher Übergang stattfindet, wobei sich die Zellwände etwas kallös verdicken. Sämtliche Elemente sind regelmässig und reihenförmig geordnet Die nächste Zone besteht aus Cambiformzellen, die sich nach allen Richtungen durch Längswände und ferner auch durch Querwände geteilt haben, während die eingelagerten Siebröhren die Länge und das Lumen der Cambiformzellen beibehalten. Es entsteht dadurch ein engmaschiges, unregelmässiges Gewebe. Endlich reiht sich die dritte von der Schutzscheide begrenzte Zone grosslumigerer, collenchymatischer Zellen an.

Mit der Weiterentwickelung der Blätter und ihrer Zunahme an Gewicht, vermögen die im Blattstiel vorhandenen Stereome dasselbe nicht mehr zu tragen, und es entstehen an Stelle der

[1]) (Q. Sch.) d. i. „auf den Querschnitt bezogen“ oder „Querschnitt.“

Collenchymzellen innerhalb der Schutzscheide sowohl auf der Unter- wie Oberseite Bast- resp. Holzfasern mit verdickten und sklerisierten Wänden. Diese zeigen concentrische Schichtungen um ein polyedrisch geformtes Lumen und werden von einfachen Tüpfelkanälen durchbrochen.

Die Schutzscheide, welche alle Gefässbündel einschliesst, besteht aus ziemlich grosslumigen prismatischen, longitudinal gestreckten Zellen (2 bis 3 × 1). Auf dem Querschnitt erscheinen sie in der Richtung der Peripherie des Gefässbündels gestreckt rechteckig. Die Innenwand ist meistens etwas verdickt, während die übrigen Zellwände sehr zart bleiben. Die Radialwände zeigen die für die Endodermis characteristische Undulation.

§ 3. **Grundgewebe**: In den jungen Laubblättern und Blattstielen besteht das Grundgewebe aus isodiametrischen Zellen und differenziert sich erst später in zwei besondere Schichten, in Palisadenparenchym in der oberen und in Schammparenchym in der unteren Blatthälfte. Jenes besteht aus mehreren Lagen senkrecht zur Epidermis gestreckter Zellen, welche mit ihren Endflächen fest auf einander stehen und zwar teils alternierend, teils direct, während sie der Länge nach vielfach durch schmale Interstitien getrennt sind. Unter den Spaltöffnungen der Blattoberseite bilden die betreffenden Palisadenzellen durch geringes Zurückweichen von der Oberhaut kleine Athemhöhlen, in welche die schmalen Intercellulargänge münden. In der Mitte des Blattes beginnen die Zellen sich bereits unregelmässiger zu lagern und stellen so einen Übergang zu dem spongiösen Parenchym der Blattunterseite her. In demselben befinden sich viele oft recht grosse Intercellularräume. Die Zellen selbst sind isodiametrisch oder oblong, zuweilen auch durch Druck von unregelmässiger Form. Der chlorophyllgehalt ist sehr bedeutend, insbesondere im Palisadenparenchym.

In der Umgebung des medianen Gefässbündels nimmt das Chlorophyll ab, indem das Assimilationsgewebe mechanischen Elementen weichen muss. Diese spielen sowohl im Blattstiel wie in der Lamina eine grosse Rolle. Auf der ganzen Länge wird der mediane Gefässstrang sowohl auf der Unterseite wie der Oberseite von einem Collenchymstreifen begleitet. Der letztere ist auf der Blattoberseite mehrere Zelllagen breit und verjüngt sich

keilförmig nach dem Innern zu, meistens bis zur vierten subepidermalen Zellschicht. Die Zellen sind langgestreckt und besonders ihre Innen- und Aussenwände verdickt. Zwischen dem Collenchym und dem Bündel ist kurzzelliges, zartwandiges, chlorophyllarmes Parenchym vorhanden. Nach der Unterseite ist die Ausbildung des Collenchyms ganz ähnlich. Dasselbe beherrscht die äusseren vier Schichten auf der ganzen Rundung des Blattstiels und der Mittelrippe in der Lamina. Die Breite nimmt ebenfalls nach dem Bündel hin ab und setzt sich bis zu demselben keilförmig in einem chlorophyllosen, gestreckten, zarteren Parenchym fort. Dieselbe Erscheinung zeigt sich innerhalb der Blattspreite an der Unterseite der Blattrippen zweiten Grades, während auf der Oberseite wie gewöhnlich Palisadenparenchym steht, welches durch ein entsprechendes Zurückweichen die oben erwähnte rinnige Vertiefung in der Blattoberfläche veranlasst. In der Umgebung der Gefässbündel dritten und vierten Grades ist das Mesophyll ebenso ausgebildet wie in den bündelfreien Teilen. Im Blattstiel ist ausserdem auf dem ganzen Umfange die erste subepidermale Schicht des Grundgewebes mehr oder weniger collenchymatisch verdickt. Recht typisch und am stärksten ist das Collenchym in den beiden Kanten des Blattstieles. Es bildet darin einen dreiseitigen, den ganzen äusseren Rand einnehmenden Streifen und besteht aus einem dichten, kurzzelligen und dickwandigen Gewebe.

In den Basalteilen des Blattstieles ist das noch unverzweigte, einzige Gefässbündel von einer Sklerenchymscheide umgeben, welche sich mit der Abzweigung der Seitenbündel allmählich in mehrere Teile auflöst und den Bündeln sichelförmig auf der Unterseite anliegt, während beim Hauptbündel auch auf der Oberseite ein Rest bestehen bleibt. Das Sklerenchym besteht aus Bast- resp. Holzfasern und liegt innerhalb der Gefässbündelscheide. Mit der Abtrennung der beiden dem Medianbündel nächst liegenden Bündel zweiten Grades treten auch in den Zwischenräumen zwischen diesem und jenem Stereome in Gestalt von Steinzellen auf, welche mit der Entfernung von dem Zweigpunkte den engeren Zusammenhang mehr und mehr verlieren und sodann im ganzen Grundgewebe, einzeln oder in kleineren Gruppen, zerstreut vorkommen. Gleichzeitig werden die Verdickungsmassen, welche der ursprünglichen Zellwand in concentrischen Schichtungen von

beträchtlicher Dicke aufliegen, weicher und kallös. Sie werden von unregelmässig verlaufenden im Querschnitt runden oder zugespitzten Tüpfelkanälen vielfach durchbrochen und erscheinen daher mehr weniger zerklüftet. Sobald die Abzweigung der beiden äusseren Gefässbündel 2. Grades beginnt, verschwinden die verdickten Grundgewebezellen, und es entstehen in den Rändern des Blattstiels zusammenhängende dreikantige Collenchymstreifen. Bald darauf verschwinden auch die Sklerenchymsichel und finden zunächst noch einen Ersatz durch collenchymatisches Gewebe, so einen Übergang zu dem oben beschriebenen Bau des Blattstieles und der Lamina bewerkstelligend.

§ 4. **Oberhaut:** Die Oberhautzellen besitzen im Blattstiel geradlinig begrenzte Zellwände, von denen die antiklinen häufig schiefwinklig auf einander stossen und eine Ineinanderkeilung der Zellen herbeiführen. Sie sind längs der Blattachse gestreckt. Beim Übergange in die Lamina behalten nur die über und unter den Blattrippen befindlichen Epidermiszellen diese Form bei, während im übrigen wellenförmig konturierte Zellen sich bilden. Die periklinen Zellwände sind ziemlich stark verdickt, die antiklinen dagegen nur in geringem Masse. Die Cuticula ist unbedeutend verdickt und lässt einzelne Schichtungen erkennen. Spaltöffnungen finden sich in der Blattspreite nur in den wellig konturierten Zellen, wogegen am Blattstiel auch die geradlinig begrenzten Zellen solche aufzuweisen haben.

Was das Vorhandensein von Trichomen anlangt, so sind besonders Köpfchenhaare, sodann auch kurze Fadenhärchen vertreten. Die Oberseite ist bedeutend reicher an denselben wie die Unterseite. Sie finden sich auf beiden verschieden gestalteten Epidermiszellen. Die Köpfchenhaare sind häufig mit dem einzelligen Stiel in die Blattoberfläche eingesenkt, so dass das Köpfchen, welches meist aus zwei, seltener aus drei oder vier Zellen besteht und senkrechte Scheidewände besitzt, der Epidermis eng anliegt. Am Fusspunkte dieser Trichome vereinigen sich fünf bis sieben Zellen, deren antiklinen Wände strahlenförmig ebendorthin convergieren. Nach dem Abfall solcher Haare bleibt in der Oberhaut eine kreisrunde Öffnung zurück, deren Umrisse verkorken. Die Fadenhärchen bestehen aus einer Zellreihe von wenigen, etwas gestreckten Zellen.

β. Anatomie des Blattes am Blütenschaft.

§ 5. Der Vollständigkeit halber möge auch die Anatomie dieses Blattes im wesentlichen angegeben sein

Das Blatt ist wie die grossen Basalblätter ebenfalls einspurig. Bald nach dem Eintritt des Medianbündels in die Lamina zweigt sich nach jeder Seite ein Gefässbündel ab und verläuft in die Spitze. Zuweilen zweigt sich von diesem noch ein Bündel ab, welches gleichfalls das Blatt der Länge nach durchzieht, während alle weiteren Abzweigungen anastomosierende Stränge zwischen den ersteren bilden und vielfach frei im Chlorophyllgewebe endigen. Der Xylemteil der Gefässbündel besteht nur aus Spiral- und Ringgefässen, von denen die letzteren der Zahl nach überwiegen, ferner aus zarten Parenchymzellen.

Auf das Xylem folgt nach der Unterseite zunächst eine schmale Cambium- resp. Cambiformschicht. Am Aussenrande des Phloems finden Teilungen nach allen Richtungen statt, wodurch ein kleinmaschiges Gewebe entsteht, während die äussersten an die Schutzscheide grenzenden Zellen ein centrifugal zunehmendes Lumen und verdickte Zellwände besitzen. Die Gefässbündel sind von einer kreisförmig gestellten Schutzscheide (Q Sch.), bestehend aus rechteckigen, längs der Achse gestreckten Zellen (2 × 1), deren Radialwände undulieren, umgeben.

Aus dem Collenchym des Stengels leitet sich ein Strang in das Blatt ab, welcher sich teilend in beide Ränder desselben eine kurze Strecke verläuft und als Stütze für das schräg aufwärts gestellte Blatt dient. Ausserdem ist über und unter dem medianen Gefässbündel die subepidermale Zellschicht etwas collenchymatisch verdickt. Im übrigen besteht das Grundgewebe auf der Unterseite aus isodiametrischen Zellen mit vielen Intercellularen, während die Zellen der Oberseite oblong sind und dichter stehen, ohne die characteristische Form des Palisadenparenchyms zu erreichen.

Die Oberhautzellen unterscheiden sich in keiner Weise von denen der oben beschriebenen Basalblätter. Von den Trichomen weichen nur die Fadenhärchen insofern ab, als sich bei ihnen nicht selten einzelne Zellen unterhalb der Endzelle seitlich hakenförmig oder nach beiden Seiten gleichmässig, kreuzförmig ausstülpen.

Anatomie des Stengels.

§ 6. **Mark:** Im jugendlichen Zustande sind die Markzellen rundlich isodiametrisch, nehmen aber bald durch gegenseitigen

Druck eckige Formen an. Dabei strecken sie sich besonders am Aussenrande in vertikaler Richtung, während gleichzeitig der Querdurchmesser in centripetaler Richtung im allgemeinen abnimmt. Auf dem Querschnitt sind die Markzellen polyedrisch und lassen durch geringe Abrundung der Kanten kleine meist dreieckige Intercellularen zwischen sich entstehen. Dieselben verlaufen nur selten in der Horizontalebene, da die Zellen in der Mehrzahl der Fälle mit geraden, nicht abgerundeten Endflächen auf einander stehen. Das Lumen der Zellen wechselt auf dem Querschnitt unregelmässig; es liegen grosslumige vorherrschend sechsseitige Zellen zwischen den kleinlumigen zerstreut. Nach dem Xylem zu wird die Vielseitigkeit der Zellen geringer und an der Grenze bildet sich durch lückenloses Aneinandergreifen gestreckter, meist vierseitiger Zellen eine zusammenhängende Markscheide.

Die Wände der Markzellen bleiben in den jungen Trieben in der grossen Mehrzahl zartwandig; nur vereinzelt finden sich verdickte und mit Tüpfeln versehene Zellen. In den unteren Teilen des Blütenschaftes beginnt eine Lignificirung der äusseren Markzellen, während der grössere centrale Teil derselben vertrocknet und der Stengel in Folge dessen hohl wird. Die Verholzung nimmt in centrifugaler Richtung zu und stellt einen unmerklichen Übergang zum sekundär gebildeten Xylem her. Dahingegen differenziert sich in auffallender Weise ein an der Innenseite der ursprünglichen, primären Gefässbündel gelegenes zartes Parenchymgewebe, welches halbkreisförmig in das Mark hineinragt und von allen Seiten durch sklerisierte Elemente umgrenzt ist. Dasselbe trägt einen phloemartigen Character. Aus folgenden Gründen muss es jedoch der subjectiven Ansicht des Einzelnen überlassen bleiben, dasselbe zum Grundgewebe zu rechnen oder als inneres Phloem zu bezeichnen. Für die letzte Ansicht will ich geltend machen, dass die Zellen, welche prosenchymatische Formen besitzen erstens sehr lang gestreckt sind (10 bis 15 × 1), zweitens reichen protoplasmatischen Inhalt besitzen, und drittens ihre aus reiner Cellulose bestehenden Zellwände sehr zart und weich sind. Diese erscheinen später etwas collenchymatisch gequollen. Dagegen ist anzuführen, dass erstens vereinzelte oder in radiale Reihen geordnete Gefässe in dasselbe hineinragen, zweitens es mir nicht möglich war, mit absoluter Sicherheit das Vorhandensein von Siebröhren festzustellen, was allerdings auch in dem äusseren Phloemringe nur schwierig geschehen konnte.

In älteren, holzigen Stengelteilen sind in sämtlichen Zellen des Markgewebes die Wände lignificirt. Mit diesem Process verschwindet die in zartwandigeren Zellen abgelagerte Stärke, während das Protoplasma sich kontrahiert oder ganz zusammenschrumpft. Die in den Zellwänden zerstreut liegenden einfachen Tüpfel haben bald runde, bald dreieckige, spaltenförmige oder unregelmässig vieleckige Formen. Correspondirende spaltenförmige Tüpfel zweier Nachbarzellen stehen zu einander gekreuzt.

§ 7. **Holz- und Bastkörper:** Die aufbauenden Elemente des Xylems bestehen neben trachealen Elementen vorwiegend aus verholzten Faserzellen. Diese sind radial geordnet und es finden sich weitlumige Tracheen und Tracheiden unregelmässig zwischen ihnen eingestreut. In den primären Gefässbündeln, welche nur als Blattspurstränge im Stengel vorkommen, finden sich Spiral- und Ringgefässe, jene mit engen oder weiten, einfachen oder doppelten Spiralleisten. Diese Tracheen ragen in den krautigen Stengelteilen bald isoliert, bald in radialen Reihen zu zwei bis vier Gefässen in das beim Mark näher beschriebene zarte Gewebe hinein. Zum Teil kollabieren die Zellwände, in Folge dessen bei den Ringgefässen die Ringleisten aus ihrer horizontalen Richtung verschoben werden und teils schräg, teils senkrecht zu stehen kommen. In dem holzigen Stamme sind die primären Gefässe von langgestreckten, verholzten Parenchymzellen umgeben, welche teilweise, mit schräg geneigten Querwänden versehen, eine mehr weniger prosenchymatische Form annehmen und centrifugal fortschreitend einen Übergang zu den sekundär gebildeten Faserzellen herstellen. Mit dem Beginn jeder neuen Wachstumsperiode treten zunächst wiederum parenchymatische Zellformen auf, wenn auch in noch beschränkterem Masse als in den primären Bündeln.

Die sekundär auftretenden Tracheen und Tracheiden sind in der Mehrzahl mit behöften Tüpfeln versehen, doch kommen auch Gefässe mit einfachen Poren vor. Die Hoftüpfel sind spaltenförmig, während die einfachen Tüpfeln wie diejenigen der Markzellen in verschiedenartigen Formen auftreten; zuweilen sind sie in horizontaler Richtung gestreckt, abgerundet oder spaltenförmig und einander so nahe gerückt, dass die Gefässe den netzartig verdickten sehr ähnlich erscheinen.

Der Verlauf der Tracheen weicht von der Vertikallinie in geringem Masse mehrfach ab und schlängelt sich schon in den Primärbündeln teils um Nachbargefässe teils zwischen den übrigen Xylemelementen hindurch, diese in Mitleidenschaft ziehend. Die einzelnen Glieder der Gefässe besitzen ungefähr die gleiche Länge wie die Tracheiden und Faserzellen. Die Perforation der meist schräg gestellten Querwände der Tüpfelgefässe ist elliptisch, während die nicht selten auch in den Längswänden vorkommenden Perforationen mehr kreisrund sind. Die Entstehung derselben konnte ich in der Querwand in der Weise beobachten, dass in derselben ein grosser Tüpfel entstand, indem bei der Verdickung der Querwand an der Stelle des Tüpfels die Mittellamelle zart und unverdickt bleibt. Der ringförmige mit den übrigen Zellwänden gleichmässig verdickte Rand bleibt als bezeichnende Grenze der einzelnen Gefässglieder nach der Resorption der Mittellamelle bestehen. Die Verdickung und Lignificirung der Zellwände nimmt mit dem Alter der verschiedenen Jahresringe zu, während das Lumen der Elemente, namentlich das der Tracheen, in den äusseren Ringen bedeutend an Umfang gewinnt. Dabei tritt jedoch an der Grenze der einzelnen Ringe die gewöhnliche Erscheinung der Englumigkeit des Herbstholzes im Gegensatz zum weitlumigen Frühjahrsholz deutlich hervor. Im allgemeinen ist das Lumen in den ersten Jahresringen auf dem Querschnitt rundlich viereckig, in allen späteren rund oder elliptisch, mehr radial gestreckt. Die Durchschnittsweite der grosslumigeren Elemente in den verschiedenen Jahresringen sei durch folgende Zahlenwerte angegeben:

1. Jahr	0,013	mm	(0,015)[1]	in rad. R.	0,010	mm	(0,014)	in tangent. R.
2.	-	0,025	-	(0,027)	-	-	-	0,014	-	(0,015)	-	-	-
3.	-	0,03	-	(0,038)	-	-	-	0,02	-	(0,027)	-	-	-
4.	-	0,025	-	(0,028)	-	-	-	0,02	-	(0,020)	-	-	-
5.	-	0,025	-	(0,04)	-	-	-	0,026	-	(0,033)	-	-	-
6.	-	0,037	-	(0,047)	-	-	-	0,023	-	(0,027)	-	-	-
7.	-	0,037	-	(0,05)	-	-	-	0,028	-	(0,033)	-	-	-

Die den Holzkörper durchsetzenden Markstrahlen markieren sich auf dem Querschnitt durch ein schmales radial gestrecktes Zelllumen. Sie sind ein- bis dreireihig. Die einzelnen Zellen,

[1] Anmerkung: Die in Parenthese hinzugefügten Zahlen geben den Maximaldurchmesser an, welchen jedoch nur einzelne Zellen erreichen.

welche nur in der Nähe des Markes dünnwandig bleiben, haben kurze plattenförmige Gestalt und erscheinen auf dem radialen Längsschnitt breit und rechteckig (2 × 1), auf dem Tangentialschnitt dagegen schmal, nach oben und unten zugespitzt und in einander gekeilt (8 bis 10 × 1). Sie besitzen protoplasmatischen Inhalt und zuweilen auch Stärke. Im sekundären Holz stehen sie mit den angrenzenden trachealen Elementen durch Hoftüpfel in Verbindung.

Die Elemente des Phloems schliessen sich mit einer ringförmigen Zone (Q. Sch.) von Reihenkambium, Cambiform und Siebröhren der radialen Anordnung im Xylem an. Besondere Characteristica sind nicht zu konstatieren. Das Cambiform besteht aus Parenchymzellen, welche je nach ihrem Vorkommen in den krautigen oder holzigen Teilen des Stammes entsprechend mehr oder weniger in die Länge gestreckt sind. Die äusseren Elemente des Weichbastes teilen sich vielfach durch Längswände nach allen Richtungen und verschieben sich teilweise dabei, so dass das Gewebe unregelmässig geordnet erscheint. Im Blütenschaft verlängern sich diese Zellen bedeutend in centrifugaler Richtung fortschreitend (bis 20 × 1) und ein Teil derselben, welcher den ursprünglichen Primärbündeln des Xylems in halbmondförmig umschriebenen Komplexen (Q. Sch.) gegenüber gestellt ist, verdickt sich collenchymatich. An ihre Stelle treten in den holzigen Stengelteilen lange Bastfasern vereinzelt oder in circumscripten Strängen als mechanische Elemente auf. Dieselben haben stark verdickte und verholzte Zellwände, welche auf dem Querschnitt gleichmässige concentrische Schichtungen, sowie einfache, selten verzweigte Tüpfelkanäle zeigen und ein sehr geringes auf dem verticalen Verlauf wiederholt enger und weiter werdendes Lumen besitzen; dasselbe ist in den meisten Fällen in radialer Richtung zusammengedrückt.

Erwähnt sei noch, dass gleichzeitig mit der Desorganisation von Epidermis und Rinde, welche bereits an dem einjährigen Triebe des holzigen Stammes beginnt und in den älteren Teilen selbst noch das Phloem angreift, die äusseren Zellen des Weichbastes sich durch Querwände mehrfach teilen und abgerundete Formen annehmen (8 × 1 auf 4 × 1 auf 2 × 1 zurückgehend).

Das ganze Phloem wird von relativ grosslumigen, eng und lückenlos an einander schliessenden Parenchymzellen umschlossen,

welche die Gestalt vierseitiger Prismen besitzen, deren rechteckige Endflächen trangential gestreckt sind. Einzelne Zellen haben sich nachträglich durch Radialwände geteilt, welche sehr zart sind und Undulation besitzen wie alle Radialwände der Endodermiszellen des Blütenschaftes.

§ 8. **Primäre Rinde:** Die primäre Rinde besteht im wesentlichen aus zarten Parenchymzellen. Auf dem Querschnitt sind sie ellipsoidisch und in radialer Richtung zusammen gedrückt, wodurch nicht selten verzerrte Zellformen entstehen. Auf dem Längsschnitt sind sie rechteckig und ihre Ecken und Kanten abgerundet. Sie sind deshalb von vielen grösseren oder kleineren Intercellularen begleitet. In der Mitte der primären Rindenschicht erreichen die Zellen ihren grössten Quer- und Längsdurchmesser, welcher nach innen und aussen allmählich abnimmt. Nur die äussersten beiden Schichten bilden mit den Oberhautzellen einen fest zusammen hängenden, lückenlosen Mantel von gestreckten, collenchymatisch verdickten Zellen. In dem Blütenschaft gruppieren sich die englumigen Collenchymzellen (5 × 1) zu isolierten Strängen, welche die deutlich hervorspringenden Stengelrippen ausfüllen. Sie dienen, meist zu sieben an der Zahl, als Festigungsapparat für den langen, dünnen blütentragenden Schaft. Im holzigen Stamme finden sich zwischen den übrigen Rindenzellen vielfach einzelne oder meist zu Gruppen vereinigte Zellen mit weichen, stark verdickten Wänden unregelmässig eingestreut. Die Wandverdickung besitzt ein grosses Lichtbrechungsvermögen; sie zeigt auf dem Querschnitt eine concentrische Schichtung und auf dem Längsschnitt eine Streifung, welche unter dem Winkel von 45° zur Horizontalebene aufsteigt. Die Schichtung besteht aus ganz schmalen, helleren und breiten dunkleren Streifen. Die verdickten Zellwände sind von Tüpfelkanälen durchsetzt, welche bald klein, länglich, rundlich oder zugespitzt, bald so gross sind, dass die Verdickungsmassen sprossenartig der Zellwand aufliegen. Auch ist der Verlauf der Tüpfelkanäle ein unregelmässiger; sie biegen sich hin und her und verändern ihr Lumen dabei ganz beliebig. Auf diese Weise erscheinen die Zellwände oft ganz regellos zerklüftet.

Die Rindenzellen besitzen, abgesehen von allen verdickten Elementen, einen reichlichen protroplasmatischen Inhalt, in denen zahlreiche Chlorophyllkörner und vielfach auch concentrisch geschichtete Stärkekörnchen eingebettet sind. Chlorophylkörner

treten in centrifugal zunehmender Anzahl namentlich in der äusseren Hälfte der primären Rinde auf.

§ 9. **Oberhaut:** Die Oberhautzellen sind mehr oder weniger longitudinal gestreckt (2—3 × 1) und von geradlinigen Zellwänden begrenzt. Die Längswände verlaufen der Stengelachse parallel; die Querwände stehen zu ihnen bald senkrecht, bald schiefwinklig. Im letzteren Falle keilen die Zellen sich zwischen einander ein. Ihr Lumen ist rundlich quadratisch (Q. Sch.) und die äussere Zellwand ein wenig emporgewölbt, in Folge dessen die Cuticula wellig gebogen ist. In dem krautigen blütentragenden Stengelgliede sind die Innen- und Aussenwände gleichmässig verdickt, während solches im holzigen Stamme auch bei den Radialwänden der Fall ist. Die Epidermiszellen alternieren mit den anliegenden Rindenzellen und sind in den Ecken collenchymatisch verdickt, so dass zwischen den ersteren und dem subepidermalen Collenchymgewebe ein fester Zusammenhang besteht. Die Epidermiszellen enthalten Protoplasma und einen deutlichen Zellkern, sowie braunen Farbstoff in den holzigen Stengelteilen abgelagert. In der Oberhaut des Blütenschaftes finden sich auch Spaltöffnungen und zwar stehen dieselben mit dem Spalt parallel der Stengelachse. In den rinnenförmigen Vertiefungen des Blütenschaftes stehen kleine Köpfchenhaare, in grösserer Anzahl in den Blattachseln. Sie besitzen gleich denjenigen der Blätter einen kurzen, einzelligen Stiel und einen ein- bis mehrzelligen vertikal geteilten Kopf.

Globularia nudicaulis L.

§ 10. **Globularia nudicaulis** kommt in Gemeinschaft mit Glob. vulg. an denselben Orten vor. Sie stimmen beide in ihren Achsenverhältnissen und in der Ausbildung ihres unterirdischen Stammes morphologisch überein. Die Verlängerung der relativen Achse 1. Ordnung bildet ein Blütenschaft mit terminalen Blütenköpfchen. Derselbe ist bedeutend kürzer wie bei Glob. vulg., nämlich 10—15 cm lang und unbeblättert. Es finden sich nur ein oder zwei kleine blättchenartige Anhängsel. An der Basis des Blütenschaftes wird derselbe von kurzen, schuppenförmig über einander liegenden Niederblättern kelchartig umschlossen. Darunter stehen die derben, spatenförmigen, in den Blattstiel

verschmälerten und ca. 15 cm langen Laubblätter rosettförmig zusammen gedrängt, aus deren Achseln sich die blüten- und blattknospentragenden Achsen 2. Ordnung entwickeln.

Anatomie des Blattes.

§ 11. **Gefässbündel:** Das Blatt ist einspurig. Beim Eintritt des Gefässbündels in dasselbe spalten sich von diesem unmittelbar hinter einander zwei Bündel ab, welche in die beiden Blatthälften verlaufen. Eine solche Abzweigung wiederholt sich auf dem weiteren Verlauf des medianen Bündels noch mehrere Male. Diese einzelnen Bündel laufen nicht parallel mit einander, wie dies bei Glob. vulg. der Fall ist, sondern vereinigen sich in der Nähe des Blattrandes. Aus diesem Grunde beobachtet man auf sämtlichen Querschnitten immer nur drei grössere Gefässbündel des 1. und 2. Grades neben solchen 3. und 4. Grades. Die letzteren stellen die Anastomosen im Blatte dar und besitzen dabei auch viele freie, angeschwollene Endigungen.

Die Gefässbündel stimmen abgesehen von der Zahl ihrer Elemente mit dem medianen Hauptbündel im wesentlichen überein und dieses wiederum mit jenem von Glob. vulg., auf welches ich zurückweisen möchte und mich deshalb auf eine kurze Beschreibung des medianen Gefässbündels von Glob. nudic. beschränken will.

In jungen Blättern und Keimblättern treten im Xylemteil durchschnittlich sechs Spiralgefässe auf. Mit der Weiterentwickelung der Laubblätter wird die Zahl der Gefässe in den grösseren Bündeln vom Cambium aus bedeutend vermehrt und in centrifugaler Reihenfolge Spiral-, Ring- und Porengefässe, sowie Tracheiden gebildet. Dagegen bleiben die kleinen Anastomosen bildenden Stränge 4. Grades reduciert und besitzen zuweilen nur ein oder zwei Spiralgefässe. Die sekundären Xylemelemente bestehen im wesentlichen und namentlich am Aussenrande aus Tracheiden mit einfachen Tüpfeln; mehr nach innen kommen getüpfelte Holzfasern, poröse und leiterförmig verdickte Gefässe vor. Neben einfachen Tüpfeln finden sich auch behöfte. Sie sind meist länglich zugespitzt und teils horizontal, teils schräg gestellt. Die einzelnen radialen Stränge, welche die verholzten Elemente bilden, sind verbunden durch zartwandiges, plasmareiches Parenchym.

Das Phloem ist wie bei Glob. vulg. auch hier in drei concentrisch umfassende, halbmondförmige Zonen (Q. Sch.) differenziert, welche, von der Holzgrenze ausgehend, erstlich aus den kräftig entwickelten, regelmässig und reihenförmig geordneten Cambium- und Cambiformzellen, zweitens aus kleinmaschigen, unregelmässig geordneten Elementen und drittens aus grosslumigen, collenchymatisch verdickten Zellen bestehen. Besonders hervorzuheben ist, das in dem breiteren Teil der Lamina die Tragfähigkeit der seitlichen Gefässbündel durch eine stärkere Ausbildung des Cellenchyms bedeutend erhöht wird. In entsprechender Weise treten in dem Basalteile des Blattes stärkere Sklerenchymsicheln in den Bündeln zweiten Grades als im medianen Gefässbündel auf.

Die Bündel sind sämtlich von einer Schutzscheide umgeben, deren Zellen longitudinal gestreckt sind und wenig verdickte Tangentialwände besitzen, während die Radialwände sehr zart sind und Undulation zeigen. In dem protoplasmatischen Inhalt der Zellen finden sich, wenn auch nur in geringer Menge, Chlorophyllkörner eingebettet.

§ 12. **Grundgewebe:** Im jugendlichen Stadium besteht das assimilierende Grundgewebe aus isodiametrischen Zellen; es differenziert sich jedoch bald in das Palisadenparenchym der Oberseite und Schwammparenchym der Unterseite, nur am basalen Teile des Blattes findet sich dieser Unterschied nicht ausgeprägt.

Das Palisadenparenchym ist durchschnittlich drei Zellschichten stark. Die Zellen stehen bald alternierend, bald direct auf einander. Schmale Intercellularen begleiten die Zellen der Länge nach, während solche zwischen den Querwänden kaum auftreten. In der vierten Schicht beginnt mit dem Einlagern der Gefässbündel eine unregelmässige Verschiebung der Zellen und es findet ein Übergang zum spongiösen Gewebe statt. Die Zellen des letzteren sind isodiametrisch oder oblong und nach den verschiedensten Richtungen gestreckt. Dazwischen liegen grössere und kleinere Intercellularräume. Der Chlorophyllgehalt ist auf der Oberseite grösser wie auf der Unterseite. Collenchymatische Elemente treten schon bei jungen Blättern in den Rändern und in der äussersten subepidermalen Zellschicht auf dem ganzen Umfange ein. Zwischen dem Gefässbündel 1. Grades und der Epidermis liegen sowohl auf der Unter- wie Oberseite chlorophyll-

lose, längs der Blattachse gestreckte, auf dem Querschnitt gleichmässig abgerundete Zellen, welche sich in der zweiten und äussersten subepidermalen Zellschicht collenchymatisch verdicken und im festen Zusammenhang mit den Epidermiszellen einen nach aussen hin sich keilförmig verbreiternden, helleren Streifen bilden. Daran schliesst sich seitlich Palisadenparenchym resp. Schwammparenchym an, welches bei den Gefässbündeln 2., 3. und 4. Grades unverändert bestehen bleibt. Im übrigen sind wie bei Glob. vulg. auch hier Steinzellen vorhanden. Das Collenchym ist im Blattrande und in den Hauptrippen auf der Blattunterseite von einzelnen einfachen Tüpfeln durchbrochen und die ganze Rippe fast chlorophylllos, wohingegen viele kleine Stärkekörner sich darin vorfinden.

§ 13. **Oberhaut:** Die Oberhaut besteht aus wellig konturierten Zellen. Nur in den Blattrippen sind sie sowohl auf der Ober- wie Unterseite mehr weniger geradlinig begrenzt. Die antiklinen Zellwände sind wenig verdickt und stehen bald senkrecht, bald schiefwinklig zu einander. Im übrigen besitzen die Oberhautzellen verdickte Zellwände, welche von einzelnen einfachen Poren nach innen zu durchbrochen werden und reichlichen plasmatischen Inhalt zeigen.

Die Oberhautzellen sind von mehreren deutlichen Cuticularschichten bedeckt, welche auch zwischen jenen spitzwinklig eindringen. Auf der Aussenseite ist die Cuticula mit feinen Längsriefen versehen. Sie verleiht den Blättern einen derben, lederartigen Überzug.

Spaltöffnungen sind sowohl auf der Ober- wie Unterseite, hier in etwas grösserer Anzahl, ziemlich gleichmässig verteilt; nur über den besonders differenzierten Gewebestreifen in den Blattrippen finden sich dieselben nicht. Die Schliesszellen enthalten wie gewöhnlich Chlorophyll; jedoch kommen einzelne auch ohne dieses vor.

Die Blattunterseite ist fast kahl, während die Oberseite wie Glob. vulg. Köpfchenhaare trägt. Es walten solche mit zwei- und vierzelligem Kopfe vor. Ferner finden sich an der Blattbasis auch Fadenhärchen.

Anatomie des Stengels.

§ 14. **Mark:** Die Zellen des Markes sind von verschiedenartiger Gestalt. Die anfänglich runden isodiametrischen Zellen

werden in Folge des Wachstums durch gegenseitigen Druck polyedrisch, lassen jedoch durch Abrundung an den Ecken und Kanten kleine Zwischenräume bestehen, welche sowohl in vertikaler, wie horizontaler Richtung das Gewebe durchziehen. Im oberen Teile des Blütenschaftes treten in dem zart bleibenden Gewebe auch lisygene durch Zerreissen entstandene Intercellularräume auf. Rings um diese herum strecken sich die Zellen peripherisch. Dagegen bleibt das Mark im unteren Teil vollkommen erhalten und ein äusserer Kreis von Zellen verholzt analog jenen von Glob. vulg. Auch hier tritt deshalb das an der Innenseite der primären Bündel gelegene zarte Parenchymgewebe mit phloemartigen Character deutlich hervor.

Mit Ausnahme des Blütenschaftes, in welchem die Zellen grösstenteils langgestreckt (8 × 1) und zart sind, waltet im Gegensatz zu jenen von Glob. vulg. die horizontal gestreckte oder quadratische Form (L. Sch.) [1]) vor und die Zellwände verholzen schon in ganz jungen Stengelteilen bei den meisten Zellen, später ganz allgemein, während gleichzeitig damit der protoplasmatische Inhalt verschwindet. Die Mehrzahl der Markzellen besitzen die Form sechsseitiger Prismen mit gerundeten Kanten. Erst die äussersten Zelllagen des Markcylinders zeigen langgestreckte Formen bei gleichzeitiger Abnahme ihres Querdurchmessers und ihrer Seitenzahl.

An der Grenze bilden lückenlos an einander schliessende, nicht besonders differenzierte Zellen die Markscheide.

Die Tüpfelung der Zellwände ist im wesentlichen dieselbe wie bei Glob. vulg., doch kommen vielfach Fälle vor, in denen spaltenförmige Tüpfel auch mit mehr oder weniger runden Tüpfeln der Nachbarzellen korrespondieren und gekreuzt stehen. Ausserdem durchbrechen die Tüpfelkanäle die Verdickungsschichten nicht selten in ganz spitzen Winkeln zur Mittellamelle und sind in Folge dessen von beträchtlicher Länge.

§ 15. **Holz- und Bastkörper**: Der Holzkörper von Glob. nudicaulis ist im grossen und ganzen dem von Glob. vulg. sehr ähnlich. Die nur aus Blattspursträngen bestehenden primären Gefässbündel vereinigen sich sehr bald zu einem zusammenhängenden Xylemringe (Q. Sch.), dessen Elemente eine streng

[1]) L. Sch. d. i. hier und im Folgenden: Längsschnitt, auf den Längsschnitt bezogen.

radiale Anordnung zeigen. Die Primärbündel bestehen aus Spiral- und Ringgefässen, verbunden durch Parenchymgewebe, welches langgestreckt ist und im Blütenschaft zart bleibt, während es in den holzigen Teilen des Stammes sehr früh und stark verholzt. Zwischen den Spiral- und Ringgefässen finden sich Übergangsformen, ebenso zwischen den Elementen des sekundären Xylems. Dieses wird zum grössten Teile aufgebaut aus Tüpfeltracheen und kurzen Tracheiden; daneben kommen Holzparenchym und Faserzellen vor. Die beiden letzt genannten Elemente gehen vielfach in Tracheidfasern mit behöften Tüpfeln und in Libriformfasern mit einfachen Tüpfeln über. Doch kommen auch in den Faserzellen Hoftüpfel vor, aus welchem Grunde man sie als tracheidähnliche Faserzellen bezeichnen könnte.

Das Holzparenchym tritt besonders im ersten Jahresringe und mit jedem Jahre erneut im Frühjahrsholze auf und zwar in bedeutenderem Maasse, wie solches bei Glob. vulg. der Fall ist Im Herbstholze werden mehr prosenchymatische Formen gebildet.

Auf dem Gefässverlauf kommt es häufig vor, dass ein Gefässglied mit schräger Perforationsebene mehr seitlich und nicht genau senkrecht über das untere gestellt ist; jedoch finden sich bei den Spiral- und Ringgefässen keine Abweichungen von der Senkrechten. Die Porforationsebenen sind meist schräg, vorwiegend von einer Radialebene zur anderen geneigt. Den Vorgang bei der Resorption der Querwände konnte ich in derselben Weise wie bei Glob. vulg. verfolgen.

Das Lumen der Elemente des Xylems, insbesondere der Tracheen ist in dem ersten Jahresring kreisrund, in allen späteren mehr radial gestreckt und ellipsoidisch. Dasselbe nimmt im allgemeinen, abgesehen von der Herbstholzbildung, mit der Entstehung neuer Jahresringe zu. Die Grösse der weitlumigeren Tracheen ist im Durchschnitt angegeben folgende:

1. Jahr 0,021 mm (0,022)[1]) in radial. R. 0,013 mm (0,015) in tangt. R.
2. - 0,026 mm (0,033) - - - 0,014 mm (0,015) - - -
3. - 0,03 mm (0,040) - - - 0,016 mm (0,020) - - -
4. - 0,033 mm (0,038) - - - 0,020 mm (0,033) - - -
5. - 0,036 mm (0,040) - - - 0,021 mm (0,033) - - -

Wie schon aus den angeführten Grössen hervorgeht, findet man auf den Tangentialschnitten nur englumige Elemente, während

[1]) cf. Anmerkung pag. 21.

dieselben auf dem Radialschnitt weitlumig erscheinen. Die Verdickung und Verholzung der Zellwände geht schon früh vor sich und ist besonders in den älteren Jahresringen eine sehr beträchtliche; sie ist in den neu entstandenen Elementen von Jahr zu Jahr geringer. In den Zellwänden liegen zahlreiche Tüpfel überall fast gleichmässig verteilt. Im grossen und ganzen walten Elemente mit behöften Tüpfeln vor. Diese selbst zeichnen sich aus durch einen spaltenförmigen, horizontal gestellten Porus und einen runden Hof.

Die Parenchymzellen enthalten vielfach kontrahiertes Plasma, während im übrigen nur die Markstrahlzellen plasmatischen Inhalt führen. Diese stehen mit angrenzenden Tracheen durch Hoftüpfel, unter sich durch einfache Tüpfel in Verbindung. Sie durchsetzen das Holz meist in einer radialen einreihigen, seltener zweireihigen Zellschicht und sind im übrigen ganz so ausgebildet wie bei Glob. vulg. Sie verholzen sehr früh und gleichmässig mit den übrigen Elementen, so dass sie auf dem Tangentialschnitt kaum zu unterscheiden sind.

Das Phloem bildet schon nahe dem Vegetationspunkte eine geschlossene, stark entwickelte ringförmige Zone. Es besteht grösstenteils aus langgestreckten Cambium- (20 × 1) und Cambiformzellen (10 × 1, aussen 5 × 1), welche analog den Xylemelementen radial geordnet sind. Zwischen den letzteren reihen sich ferner die Siebröhren ein, welche relativ lange Glieder besitzen und deren Siebplatte meist schräg geneigt ist. Die Cambiformzellen nehmen in centrifugaler Richtung an Länge immer mehr ab, indem sie sich durch Querwände teilen und sich am äusseren Rande des Phloems abrunden. Nur wenige Zellgruppen machen davon eine Ausnahme, indem auch Längsteilungen nach allen Richtungen und Verschiebungen der Zellen vorkommen, wodurch die radiale Anordnung gestört wird

Am Rande des Phloems treten Bastfasern bald einzeln, bald zu mehreren in Gruppen vereinigt auf. Dieselben besitzen im Blütenschaft zwar kallös verdickte, jedoch noch nicht verholzte Wände, während sie in den übrigen Teilen stark verholzt sind. Die Bastfasern sind im allgemeinen wie jene von Glob. vulg. ausgebildet, jedoch erweitert sich ihr Lumen auf dem ganzen Verlauf nur einmal bis zur Mitte und verjüngt sich nach den beiden Enden zu gleichmässig.

Das Phloem ist nach aussen von einer Schutzscheide umgeben, welche derjenigen von Glob vulg. ganz ähnlich ausgebildet ist. Sie unterscheiden sich dadurch, dass jene von Glob. nudic. auf dem Q. Sch. vielfach kleine und unregelmässige Ausbuchtungen erleidet, während sie bei Glob. vulg. fast kreisförmig ist. Ferner kommen bei jener in den Scheidenzellen fast immer mehrere radiale Teilwände in einer Mutterzelle vor, was bei dieser seltener und in geringerer Anzahl eintritt. Die Teilwände besitzen die der Endodermis eigentümliche Undulation.

In dem holzigen Stamme stirbt die primäre Rinde ab und es bildet sich in den äusseren Phloemzellen eine zusammenhängende Phellogenschicht, welche nach aussen einen Korkmantel absondert. Die aus dem Phellogen zunächst gebildeten Peridermazellen (2 × 1) teilen sich vielfach wieder durch senkrechte Horizontalwände und wachsen in radialer Richtung aus (1 × 2). Auch diese werden später abgestossen.

§ 16. **Primäre Rinde**: Die primäre Rinde von Glob. nudicaulis ist ebenso ausgebildet wie die von Glob. vulg. Hervorgehoben sei nur, dass verdickte Rindenparenchymzellen seltener und meist einzeln vorkommen. Merkwürdiger Weise beschränkt sich die starke, kallöse Verdickung vielfach auf die äussere Tangentialwand der Zellen und ist durch unregelmässige Tüpfelkanäle mannigfaltig durchbrochen. Sie besitzt weder eine concentrische Schichtung (Q. Sch.), noch eine diagonale Streifung (L. Sch.).

Im übrigen sind fast sämtliche Rindenzellen, besonders in den Längswänden, mit kleinen einfachen runden, ovalen oder zugespitzten Tüpfeln versehen. Die äusseren beiden subepidermalen Zellschichten alternieren, jedoch nicht ausnahmslos, mit den Oberhautzellen und sind collenchymatisch verdickt. In dem kurzen steifen Blütenschaft sind ähnlich wie bei Glob. vulgaris Collenchymstränge in den äusserlich hervortretenden acht Stengelrippen ausgebildet.

§ 17. **Oberhaut**: Die Oberhautzellen erfahren im Blütenschaft dieselbe Ausbildung wie diejenige von Glob. vulg. Im einjährigen holzigen Stamme differenzieren sie sich ein wenig dadurch, dass sie in der Flächenansicht quadratische Form besitzen oder der Tangentialdurchmesser noch grösser ist wie der

longitudinale. Diesem entsprechend sind die Zellen auf dem Querschnitt rechteckig. Sie enthalten sämtlich protoplasmatischen Inhalt und deutliche Zellkerne. Am krautigen Stengel finden sich Spaltöffnungen; ferner auch einzelne Köpfchenhaare.

Zweiter Theil.

Selaginaceae.

Selago corymbosa L.

§ 18. **Selago corymbosa** ist ein Halbstrauch, welcher in in Afrika und Australien heimisch ist.

Dicht über der Erde entstehen aus dem unteren verholzten Stengelteile mehrere krautartige Triebe, welche sich gleichartig mit der Hauptachse entwickeln.

Die Blätter sind lineal-lancettlich, im ausgewachsenen Zustande ca. 1 cm lang und 1 — 2 mm breit. Sie stehen büschelförmig zu einem unmittelbar am Stengel sitzenden Kurztrieb vereinigt. In der Achsel des ersten transversal zur Längsachse des Stengels stehenden Blattes entwickeln sich zwei gegenständige zur Mediane des ersten Blattes senkrecht stehende Blättchen, in weiterer Folge wiederum zu den letzteren gekreuzt zwei gegenständige und gewöhnlich noch ein einzelnes Blättchen in der Mitte der jüngsten. Der Achsenteil des Kurztriebes ist von so geringer Länge, dass die Blättchen direkt an der Hauptachse zu sitzen scheinen.

Anatomie des Blattes.

§ 19. **Gefässbündel:** Das Blatt ist einspurig. Das in den Kurztrieb einlaufende Gefässbündel teilt sich am Grunde des Fussstückes desselben strahlenförmig, in jedes Blättchen ein Hauptbündel entsendend, welches verschieden stark ist und zunächst nur aus Spiralgefässen besteht.

Abzweigungen von dem medianen Hauptbündel kommen nur in geringer Anzahl vor. Meist sind es nur zwei Bündel 2. Grades, die am Grunde des Blattes vom Hauptbündel abzweigend nahe dem Blattrande in die Spitze verlaufen und mit jenem durch einzelne Anastomosen verbunden sind; freie Bündelendigungen kommen hier wie bei allen untersuchten Selaginaceen im Gegensatz zu den Globulariaceen nicht vor, wenn man von denjenigen Endigungen in der Blattspitze absieht.

Die Gefässbündel liegen inmitten des chlorophyllhaltigen Grundgewebes. Zum Teil sind sie auf wenige Elemente reducirt. So bestehen nicht selten die Abzweigungen höheren Grades aus einem einzigen Spiralgefäss und wenigen Phloemelementen, während das mediane Hauptbündel und die Bündel 2. Grades meist sechs bis zehn Spiralgefässe und in zweiter Linie auch Ringgefässe enthalten. Dieselben sind auf dem Q. Sch. sichelförmig gestellt und von der der Blattunterseite zugekehrten convexen Seite umgeben vom Phloem. Zwischen beiden ist eine unbedeutende in radialer Richtung drei Zellen starke Zone von reihenförmig geordnetem Cambium resp. Cambiform ausgebildet. Das übrige Phloemgewebe ist sehr zart und kleinmaschig, besonders nach aussen hin ziemlich unregelmässig und undeutlich.

Die Bündel sind umgeben von relativ sehr grossen, etwas longitudinal gestreckten, chlorophyllarmen Zellen, welche eng und lückenlos verbunden sind und deren Radialwände Undulation zeigen.

§ 20. **Grundgewebe:** Das Grundgewebe differenziert sich in Schwamm- und Palisadenparenchym. Jede der beiden Schichten ist durchschnittlich drei Zelllagen stark, jene der Unterseite, diese der Oberseite zugekehrt. Ihre Zellen sind dicht mit Chlorophyllkörnern angefüllt, deren Menge eine schwache Abnahme auf der Blattunterseite zeigt. Das Schwammparenchym besitzt viele unregelmässig geformte grössere und kleinere Intercellularräume, namentlich auch unter den Spaltöffnungen, während das Gewebe der Oberseite ziemlich dicht ist. Die unter den Spaltöffnungen befindlichen Zellen treten nur wenig zurück und die so gebildete Athemhöhle kommuniziert durch feine zwischen den Palisadenzellen herlaufende Intercellularinterstitien mit dem übrigen Intercellularsystem.

Collenchym ist in den zarten Blättchen, welche wegen ihrer Kleinheit äusseren Einflüssen durch besondere mechanische Ele-

mente nicht entgegenzutreten brauchen, nicht enthalten. Es ist hier nur zu erwähnen, dass in den ausgewachsenen Blättchen am Grunde die äusseren Phloemzellen etwas collenchymatisch verdickt sind.

§ 21. **Oberhaut:** Die Oberhautzellen sind in der Flächenansicht den antiklinen Zellwänden entsprechend wellig konturiert, auf dem Q. Sch. rundlich quadratisch, auf dem L. Sch. longitudinal gestreckt, rechteckig (2 × 1). Die Wände sind nicht verdickt. Die Zellen enthalten protoplasmatischen Inhalt. Abweichend davon gebaut sind nur diejenigen Oberhautzellen der Blattoberseite im Mittelnerven, insofern sie geradlinige Wände besitzen und longitudinal gestreckt sind.

Die Cuticula ist überall dicht mit feinen Längsrunzeln versehen, welche besonders am Rande des Blattes und über den gestreckten, geradlinig begrenzten Epidermiszellen hervortreten. Diese Cuticularfalten oder -streifen laufen in gerader Richtung über die Grenzen der wellig konturierten Oberhautzellen hinweg.

Spaltöffnungen finden sich auf der Ober- und Unterseite gleichmässig verteilt mit Ausnahme jenes besonders differenzierten Zellstreifens oberhalb des Hauptbündels. Sie stehen nach allen Richtungen hin und zeigen keine Sonderheiten.

Trichome finden sich in verschiedener Form und Grösse. Die jungen, noch knospig gefalteten Blättchen am Vegetationspunkte sind dicht besetzt von Borsten- und Köpfchenhaaren. Die ausgewachsenen Blätter sind weniger stark behaart. Die Blattoberseite besitzt namentlich am Basalteile, insbesondere am Rande und über dem Medianbündel ein- bis vierzellige Fadenhärchen, deren Fussstück durch Ausstülpungen der Oberhautzellen gebildet wird. Seltener sitzen Härchen am Vereinigungspunkte zweier Zellen. Köpfchenhärchen finden sich hier weniger, mehr dagegen auf der Unterseite, woselbst sie wiederum hauptsächlich am Basalteile neben den Fadenhärchen vorkommen. Die Köpfchenhaare sitzen auf einer runden Zelle, welche in der Flächenansicht denselben Umfang hat wie die den Stiel des Haares bildende Zelle und von dieser durch eine Scheidewand getrennt ist. Nach dem häufig vorkommenden Abfall des Trichoms wird die letztere mit ausgestossen und es hinterbleibt eine kreisrunde Öffnung, deren Umrisse verkorken. Erwähnenswert ist ausserdem, dass diese Trichome in einer Versenkung der Ober-

haut stehen, und dass die in die Frage kommenden antiklinen Zellwände der umliegenden Epidermiszellen, deren Zahl fast durchweg fünf beträgt, strahlenförmig vom Fusspunkte des Trichoms auslaufen. Die Cuticularstreifung setzt sich bis zu diesem Punkte fort, während die Borstenhärchen der älteren Blätter auf der ganzen Oberfläche gestreift sind.

Anatomie des Stengels.

§ 22. **Mark:** Der umfangreiche Markcylinder nimmt nahezu $^2/_3$ des ganzen Q Sch.'s ein. In den einjährigen Trieben sind die Zellen sehr zartwandig. Anfangs sind sie isodiametrisch oder ihr Längsdurchmesser durch Neubildung von horizontalen Teilwänden entsprechend verkürzt. Auch in den späteren Entwickelungsstadien erscheinen die Markzellen in der Mitte des Cylinders auf dem Längsschnitt quadratisch oder noch mehr in Richtung der Stengelachse zusammengedrückt, wohingegen dieselben in centrifugaler Richtung bei abnehmendem Lumen sich mehr in die Länge strecken (bis 2 und 3 × 1). Auf dem Q. Sch. zeigen sie in Folge gegenseitigen Druckes rundlich polyedrische Formen und lassen zwischen sich viele kleine Intercellularräume entstehen. Die jungen Zellen enthalten in ihrem protoplasmatischen Inhalt etwas Stärke abgelagert, später werden sie inhaltslos, während gleichzeitig in den noch zarten Membranen viele kleine runde oder auch zugespitzte einfache Tüpfel auftreten.

In älteren mehr verholzten Stämmen ist das Mark im Inneren zum Teil resorbiert und die übrigen Zellen mit getüpfelten, etwas verholzten Zellwänden versehen.

An seiner Peripherie ist das Mark gegen den geschlossenen Hohlcylinder des Xylems durch eine deutlich sich markierende Markscheide abgegrenzt. Dieselbe wird von lückenlos an einander schliessenden Zellen gebildet, deren Wände zart und oft wellig gebogen sind. Vielfach, namentlich in den unteren mehr verholzten Stengelteilen sind sie mit einfachen Tüpfeln versehen, wodurch sie sich von dem anstossenden Holzparenchym differenzieren. Auf dem Q. Sch. sind sie quadratisch, auf dem L. Sch. längs der Achse gestreckt rechteckig (3 — 4 × 1).

§ 23. **Holz- und Bastkörper:** Unfern vom Vegetationspunkte vereinigen sich die Blattspurstränge der höher gelegenen

Blätter zu einem geschlossenen Hohlcylinder, während bis dahin die Xylemgruppen aus einzelnen tangential bei einander stehenden Spiral- und Ringgefässen bestehen und von verhältnismässig breiten Streifen parenchymatischen Zwischengewebes, die sich vom Mark zur primären Rinde hinziehen, unterbrochen werden. Die Elemente des Xylems sind in radiale Strahlen geordnet. An den Stellen der primären Bündel tritt das Xylem im stumpfen Winkel gegen das Mark vor. Es besteht hier aus Spiral- und Ringgefässen, welche durch langgestreckte Holzparenchymzellen (10—20 × 1) verbunden sind. Die zuerst angelegten Spiralgefässe besitzen lang ausgezogene, die folgenden enger stehende und doppelte Spiralleisten. Die sich mehr nach aussen zu anschliessenden Ringgefässe zeigen Übergänge zur Spiralform und eng über einander gelagerte Ringe, die erst mit dem eintretenden Längenwachstum der Gefässe sich mehr von einander entfernen. Das die Gefässe umschliessende Parenchymgewebe verdickt und verholzt mit der Zeit in demselben Masse wie die Gefässe.

An diese Elemente schliesst sich in centrifugaler Richtung das sekundäre Holz an, dessen Hauptmasse von Libriformfasern gebildet wird, welche sich fest in einander einkeilen und ein wenig geschlängelte Form besitzen. Zwischen diesen sind Tüpfeltracheen und -tracheiden und am äussersten Rande auch Treppengefässe eingelagert. Das primäre Holzparenchym geht durch Übergangsformen in Libriform über.

Die grosslumigen Tüpfeltracheen bestehen aus kurzen, den Tracheiden entsprechenden Gliedern. Diese stehen teils in einer schrägen, teils in der horizontalen Ebene auf einander. Die Perforation ist meist oval, selten kreisrund. Die Resorption der Querwände geschieht nur unvollständig, so dass am Rande meistens ein ziemlich starker, in das Gefässlumen vorspringender Ring resistirt.

Die Elemente des Holzes besitzen sämtlich stark verdickte Zellwände, welche ohne chemische Behandlung deutlich drei Schichtungen hervortreten lassen. Die Tüpfelgefässe sind grösstenteils mit Hoftüpfeln versehen, doch kommen besonders nach aussen hin Tracheen mit einfachen Tüpfeln vor. Das Holzparenchym der primären Bündel bleibt ungetüpfelt, während die Holzfasern zum Teil mit einfachen, zum Teil mit Hoftüpfeln versehen sind. Die letzteren finden sich vornehmlich in den kurzen

Holzfasern der Jahresgrenze und besitzen nur einen minimalen Hof, wie solches bereits Solereder l. c. angeführt hat Die Tüpfel selbst sind meist von ellyptischer Form und mit ihrem grössten Durchmesser horizontal gestellt. Bei den einfachen Tüpfeln ist derselbe oft so beträchtlich, dass die Verdickungen sprossenartig gestaltet erscheinen und diese Gefässe somit eine Übergangsform zu den Treppengefässen darstellen. Auch kommen zugespitzte, einfache Tüpfel namentlich in den Markstrahlen vor, welche in den Zellwänden zweier Nachbarzellen korrespondieren und gekreuzt zu einander stehen.

Das Lumen der Xylemelemente ist auf dem Q. Sch. grösstenteils rundlich polyedrisch und mehr oder weniger radial gestreckt. Bei Beginn jeder Wachstumsperiode ist das Lumen der Holzelemente am grössten, was besonders an den grosslumigen Gefässen hervortritt. Die betreffenden Grössen sind durch folgende Masse näher bestimmt:[1])

1. Jahr 0,02 mm (0,024) in rad. R. 0,017 mm (0,02) in tang. R.
2. - 0,031 - (0,039) - - - 0,017 - (0,029) - - -

Die Anfangsglieder des 2. Jahresringes bestehen aus Tüpfeltracheen und, wie im ersten Ringe, aus langgestreckten Parenchymzellen (20 × 1). Diese gehen in centrifugaler Richtung rasch in prosenchymatisch zugespitzte Formen über, während gleichzeitig eine stärkere Verdickung der Zellwände und eine Verringerung des Lumens in höherem Masse, als der grösseren Wandverdickung entsprechen würde, stattfindet. Die Grenze der einzelnen Wachtums perioden tritt daher nicht nur durch den Unterschied des Zelllumens, sondern ebenso deutlich durch die weniger starke Wandverdickung der Zellen des neu angelegten Jahresringes hervor. Ausserdem besitzen die stärker verdickten Wände ein grösseres Lichtbrechungsvermögen.

Was die Markstrahlen anlangt, so sind dieselben ein- oder zweireihig. Sie treten auf dem Q. Sch. meist deutlich durch ihr schmales radial gestrecktes Lumen hervor, während sie auf den L. Sch. oft schwer zu finden sind. Im Anfange der Jahresringe bestehen sie mehr aus parenchymatischen, kurzen Zellen und differenzieren sich von dem sie umgebenden Holzparenchym durch ihren geringen Längsdurchmesser. Sie gehen aber wie dieses

[1]) Es stand mir nur eine Pflanze mit zwei Jahresringen zur Verfügung.

selbst in centrifugaler Richtung rasch in prosenchymatisch zugespitzte, den Holzfasern völlig ähnliche Zellen mit ebenso verdickten Wänden über. Am besten erkennt man sie noch auf dem Tangentialschnitt zwischen zwei Tracheen liegend. Mit den angrenzenden trachealen Elementen kommuniciren sie durch behöfte Tüpfel, während ihre Zellwände im übrigen mit einfachen ovalen oder zugespitzten Tüpfeln versehen sind, welche, wie bereits erwähnt, meist gekreuzt stehen. Sie enthalten protoplasmatischen Inhalt, der aber nicht immer deutlich zu erkennen ist.

Die Elemente des Phloems bilden analog dem Xylem ebenfalls radial angeordnete concentrische Zonen. Das Cambium tritt schon in den jüngsten Entwicklungsstadien der primären Bündel auf, und es entsteht durch die Zwischenlagerung von interfascicularem Cambium sehr bald ein continuirlicher Ring von Reihencambium. Noch ehe die primären Xylemgruppen sich durch die Thätigkeit des letzteren ringförmig vereinigt haben, schreitet dieselbe nach aussen zu rascher vorwärts und bildet eine ziemlich starke zusammenhängende Bastschicht, welche grösstenteils aus Cambiform und am Aussenrande aus einer schmalen Zone von mehr unregelmässig angeordnetem Bastparenchym besteht. Die Glieder der in geringer Anzahl vorhandenen Siebröhren entsprechen den angrenzenden Cambiformzellen und differenzieren sich nur wenig von ihrer Umgebung, zumal da sie die radiale Anordnung nicht stören. Das Cambium bildet sich nach den unteren und besonders in den holzigen Stengelteilen kräftig aus, in Folge dessen auch die ganze Phloemzone einen bedeutenderen Umfang erreicht. Die Cambialzellen sind schmale, langgestreckte Parenchymzellen ($20-30 \times 1$ in den krautigen Jahrestrieben, $8-10 \times 1$ in den holzigen Stengelteilen) mit tangential geneigten, oft dachig zugespitzten Querwänden. Sie enthalten einen dichten feinkörnigen, protoplasmatischen Inhalt mit spindelförmigem Zellkern und deutlichem Nucleolus.

Auf dem Übergange zum Cambiform finden sich im holzigen Stamme einzelne Zellen mit einem festen indigoblauen Farbstoff angefüllt, welcher sich mit der Zeit diffus in die Zellwände des ganzen Cambiums verbreitet und dieselben characteristisch indigblau färbt.

Das Cambiform nimmt mehr rechteckige Formen an, während sich gleichzeitig der Quer- und Längsdurchmesser vergrössert.

Erst am Aussenrande teilen sich die Cambiformzellen durch Längs- und Querwände; es entstehen wieder kurze, prosenchymatische Zellen (3 × 1), deren Zellwände vielfach auseinander weichen und so kleine Intercellularinterstitien zwischen sich entstehen lassen.

An der äusseren Grenze des Weichbastes zeigen sich im jugendlichen Stadium die Zellen kallös verdickt und stärker lichtbrechend. Auf halber Länge des einjährigen Triebes geht nach unten zu in den äussersten Phloemzellen eine Lignificirung derselben vor sich, und es bilden sich zunächst gegenüber den ursprünglichen primären, in das Mark vorspringenden Xylembündeln Komplexe von Sklerenchymfasern, welche sich innerhalb einer distincten den Bastkörper umschliessenden Schutzscheide befinden. Sie sind anfangs in einer oder zwei an einander liegenden, begrenzten Tangentialreihen oder auch zu grösseren Gruppen vereinigt, schliessen aber im holzigen Stengelteil zu einem nur selten unterbrochenen Sklerenchymringe zusammen, während gleichzeitig eine Desorganisation der Schutzscheide und der äusseren Gewebe eintritt, die sich selbst auf das Sklerenchym und die äussersten Schichten des Weichbastes erstrecken kann.

Die sklerenchymatischen Elemente bestehen in langen Fasern mit stark verdickten und verholzten Wänden und engem Lumen, welches sich jedoch auf dem Längsverlauf abwechselnd erweitert und wieder verengt. Auf dem Q Sch ist es in Richtung des Radius zusammen gedrückt. Die Wandverdickung zeigt mehrere concentrische Schichten, welche durch einfache, seltener verzweigte Porenkanäle durchbrochen werden. Die Bastfasern, welche lediglich als mechanische Elemente wirken, zeigen in dem einjährigen Triebe häufig noch kontrahiertes Plasma, welches mit der Zeit resorbiert wird oder auswandert.

Die oben erwähnte Schutzscheide besteht aus einem sich deutlich differenzierenden Ring von lückenlos an einander schliessenden zartwandigen Zellen. Dieselben sind auf dem Q. Sch. quadratisch oder etwas tangential gestreckt rechteckig und auf dem L. Sch. ebenfalls rechteckig und longitudinal gestreckt (6—10 × 1). Die Radialwände verlaufen teils in einer ebenen Fläche, teils zeigen sie, besonders in jüngeren Stengelteilen Undulation. Sie sind inhaltslos.

§ 24. **Primäre Rinde:** Die primäre Rinde bleibt nur in den einjährigen, krautigen Stengeltrieben erhalten, während sie

im holzigen Stamme, wie schon erwähnt, ganz oder zum grösseren Teile desorganisiert wird, wobei die äusseren Rindenzellen verkorken. Eine Phellogenschicht wird nicht gebildet. Die Rindenzellen bestehen aus feinhäutigen abgerundeten Zellen, welche überall kleinere in den älteren Stengelteilen oft grosse, schizogene Intercellularräume zwischen sich entstehen lassen. Die Zellen sind auf dem Q. Sch. etwas tangential, auf dem L. Sch. longitudinal gestreckt (3—4 × 1) Sie nehmen nach der Epidermis zu merklich an Länge ab (1,5 × 1), während ihr radialer Durchmesser sich kaum verändert.

Sie enthalten viele Chlorophyllkörner in dem wandständigen Plasma eingebettet, deren Zahl in centrifugaler Richtung zunimmt.

Das assimilierende Rindenparenchym wird verschiedentlich von kurzen Collenchymstreifen unterbrochen, welche aus den Blättern zu beiden Seiten ihrer Basis in den Stengel einbiegen und bis zur Endodermis vordringen. Aber nach kurzem Abwärtssteigen verschmälern sich diese Streifen wieder nach der Epidermis zu und gehen in die ein bis zwei Zelllagen starke, subepidermale Collenchymschicht über, welche auf dem ganzen Umfange ausgebildet ist.

§ 25. **Oberhaut**: Die Oberhautzellen sind im jugendlichen Stadium rundlich quadratisch (Q Sch. und L. Sch.) und mit zarten Zellwänden versehen. Später strecken sie sich mehr in longitudinaler Richtung des Stengels (5 × 1). Sie besitzen geradlinige antikline Wände, welche sich meist schiefwinklig, seltener rechtwinklig zu einander stellen.

Spaltöffnungen sind in der Epidermis überall zu finden und zwar nicht selten; sie liegen mit ihrer Hauptachse nicht parallel der Stengelachse, sondern nach allen Richtungen orientiert.

Trichome finden sich besonders in der Nähe des Vegetationspunktes in Gestalt von Köpfchenhaaren mit kurzem, einzelligem Stiele und zweizelligem, vertikal durchschnittenem Kopfe. Daneben kommen hier sowie am ganzen Stengel kurze Borstenhärchen vor, welche meist aus zwei oder drei reihenförmig auf einander stehenden Zellen bestehen. Sie sitzen mitten auf der Epidermiszelle. Die Epidermiszellen und Haarzellen enthalten Plasma und deutlichen Kern.

Die Cuticula ist zart und wölbt sich den Oberhautzellen entsprechend wellenförmig empor. Ausserdem ist sie mit feinen

Längsstreifen versehen, welche auch auf die Borstenhärchen übergeht.

Hebenstreitia tenuifolia Schrad.

§ 26. **Hebenstreitia tenuifolia** ist eine einjährige krautartige Pflanze, welche in Afrika und Australien zu Hause ist.

Sie treibt eine 20—25 cm hohe Hauptachse, von welcher sich seitlich Achsen 2. Ordnung abzweigen Diese endigen gleich der Achse 1. Ordnung häufig in einer Blüthenähre mit centripetaler Entwickelungsfolge. Die Pflanze ist demnach einachsig. Characteristisch für die Pflanze ist das aufwärts gekrümmte Keimwürzelchen. Bemerkenswert ist ferner, dass in den Achseln der unteren Tragblätter und besonders der Keimblätter sich sehr häufig accessorische Achselsprosse entwickeln, welche serial über der Mediane des betreffenden Blattes stehen; seltener finden sich diese Achselsprosse in collateraler Stellung zur Mediane.

Die Blätter stehen an den unteren Stengelteilen scheinbar in zweigliederigen, in den oberen Teilen in dreigliederigen Wirteln und finden Übergänge zwischen beiden statt. In den Achseln sowohl der Keim- wie Stengelblätter entwickeln sich an einer verkürzten Achse 2. Ordnung, ähnlich wie bei Selago corymb., zwei gegenständige zur Mediane des Tragblattes transversal stehende Blättchen, in weiterer Folge wiederum mit diesen gekreuzt zwei gegenständige Blättchen u. s. f., so dass die Seitensprosse im jugendlichen Zustande büschelförmige Kurztriebe darstellen. In den älteren Regionen verlängert sich dagegen ihre Achse rasch und die Blätter rücken dementsprechend, jedoch in unregelmässigen Zwischenräumen aus einander. In ihren Achseln können abermals Kurztriebe entstehen. Die Keim- und Stengelblätter sind zum Teil ganz gleichförmig, zum Teil unterscheiden sich die letzteren von den ersteren durch Zähnchen am Blattrande, welche gegen die Spitze hin zu 1—4 an der Zahl auftreten. Sonst sind die ca. 3,5 cm langen und ca 3 mm breiten Blätter ganz randig, linealisch und am Grunde sitzend. Auf der Oberseite sind sie über dem medianen Gefässbündel rinnenförmig vertieft, während die Unterseite convex ist.

Anatomie des Blattes

§ 27. **Gefässbündel:** Das Blatt ist einspurig und von einem medianen Hauptbündel durchzogen. Gleich nach dem Ein-

tritt des Bündels in das Blatt zweigt sich von diesem nach jeder Seite je ein Bündelchen ab. Dieselben teilen sich auf dem weiteren Verlauf häufig in mehrere kleine Stränge, welche wiederum mit einander und dem Hauptbündel anastomosiren Freie Bündelendigungen kommen nur in der Blattspitze und den Blattzähnchen vor. Die Verzweigung ist allgemein nicht bedeutend. Man findet auf dem Q. Sch. durchschnittlich 3 – 5 Gefässbündel. Dieselben sind in dem mittleren Chlorophyllgewebe eingebettet und mit dem Xylemteil der Blattoberseite zugekehrt. Die kleineren Bündel sind meist sehr reducirt, bestehen oft nur aus einem einzigen Spiralgefäss und wenigen Phloemelementen und sollen deshalb hier nicht weiter erörtert werden. Nur das mediane Gefässbündel ist verhältnismässig stark ausgebildet. Das Xylem desselben besteht aus Strahlen von radial zu 3 oder 4 an einander gereiheten Tracheen, welche seitlich durch unverholzte, langgestreckte Parenchymzellen (10 × 1) in Zusammenhang stehen. Die Gefässe sind zum grösseren Teile Spiralgefässe und im übrigen Ringgefässe.

Das Xylem ist von der Blattunterseite her halbmondförmig von dem Phloem umgeben. An der Innenseite desselben ist in jungen Blättern ein sehr zartwandiges Gewebe vorhanden, in welchem mehrere Teilungen stattgefunden haben und die Zahl der zarten gleichmässig ausgebildeten, in radialen Reihen an einander stehenden Zellen 3—5 beträgt. In den äusseren Teilen des Phloems lagern sich Querwände und Längswände, diese nach allen Richtungen hin, unregelmässig ein. Die Zellen sind drei- bis vielseitige, zartwandige, langgestreckte Parenchymzellen, zwischen denen die Siebröhren eingelagert sind.

Das mediane Bündel ist von einer besonderen Schutzscheide umgeben, welche aus chlorophyllfreien, rechteckigen Zellen (3 × 1) besteht, die ohne Interstitien dicht an einander gereiht sind und deren Wände in der Radialebene undulieren.

§ 28. **Grundgewebe:** An das Hauptgefässbündel schliesst sich nach den Blattseiten zu ein chlorophyllfreies oder chlorophyllarmes Grundgewebe an. Dasselbe besteht auf der Unterseite aus oblongen, längs der Achse gestreckten Zellen, zwischen denen kleine Intercellularräume sich befinden. Seitlich geht es allmählich in Schwammparenchym über. Auf der Oberseite ist der Raum zwischen Xylem und der Epidermis ausgefüllt mit kurz-

zelligem Collenchym. Dieser das mediane Bündel von der Blattbasis bis zur Spitze begleitende, chlorophyllfreie Collenchymstreifen ist 5—7 Zellen breit und 1—2 Zellschichten tief. Derselbe zweigt sich von den Collenchymsträngen des Stengels ab, füllt an der Blattbasis zunächst den ganzen oberen Teil derselben aus, verschmälert sich jedoch bald nach der Mitte zu in den erwähnten Streifen.

Im übrigen differenziert sich das Grundgewebe in das spongiöse Parenchym der Unterseite und das Palisadenparenchym auf der Oberseite. In ganz jungen Blättern tritt diese Differenzierung noch nicht zu Tage; hier besteht das Gewebe beider Blattseiten aus isodiametrischen Zellen mit mehr weniger grossen Intercellularräumen, deren Zahl auf der Unterseite überwiegt. Das Palisadenparenchym älterer Blätter bildet die beiden äusseren Schichten, deren Zellen fest auf einander stehen und nur schmale luftführende Gänge zwischen sich frei lassen. Bereits in der dritten subepidermalen Zellschicht tritt eine unregelmässigere Lagerung und ein Übergang zum Schwammparenchym ein. In diesem befinden sich grössere Intercellularräume, während gleichzeitig der Chlorophyllgehalt gegenüber dem des Palisadenparenchyms ein geringerer wird.

§ 29. **Oberhaut:** Die Oberhaut besteht aus wellig konturierten, in longitudinaler Richtung etwas gestreckten, auf dem Q. Sch. fast quadratischen oder auch rechteckigen Zellen, deren Innen- und Aussenwände verdickt, deren antikline Wände hingegen zart und wellenförmig gebogen sind.

Oberhalb des Mittelnerven strecken sich die Epidermiszellen der Unter- wie der Oberseite in der Richtung zur Längsachse und bilden rechteckige oder auch schiefwinklich zugespitzte Zellen (auf die Flächenansicht bezogen) mit geradlinigen Zellwänden. Erst gegen die Blattspitze zu gehen diese mehr und mehr in die wellige Form über. Ihr Inhalt besteht aus Plasma, Kern und kleinen runden, stark lichtbrechenden Stärkekörnern. Die Cuticula ist zart und mit deutlichen, kleinen Längsfaltungen versehen.

Die ovalen und normal ausgebildeten Spaltöffnungen sind auf beiden Blattseiten gleichmässig verteilt und nach den verschiedensten Richtungen gestellt. Eine Ausnahme hiervon machen jedoch diejenigen, welche sich in dem besonders differenzierten Zellstreifen über dem medianen Gefässbündel auf der Unterseite befinden, indem sie mit ihrer Spalte parallel der Blattachse

orientiert sind. In dem entsprechenden Zellstreifen der Oberseite fehlen die Spaltöffnungen.

Die Oberhaut ist auf beiden Blattseiten mit feinen Borstenhärchen versehen, welche aus einer Zellreihe von meist zwei etwas gestreckten Zellen bestehen, deren Zahl und Länge am Blattrande noch zunimmt. Ausserdem kommen Köpfchenhaare, aus einzelligem Stiel und zweizelligem, vertikal durchschnittenen Köpfchen bestehend, vor und endlich noch kurze, einzellige, an der Basis breite und im stumpfen Kegel sich ausstülpende Trichome. Die ersteren treten besonders in der rinnenförmigen Vertiefung der Blattoberseite, die letzteren vornehmlich auf der Unterseite auf. Im allgemeinen ist bei jüngeren Blättern die Behaarung bedeutender als bei den ausgewachsenen.

Anatomie des Stengels.

§ 30. **Mark:** Das Mark entwickelt sich, abgesehen vom hypocotylen Gliede, in gleichem Umfange wie das Xylem, Phloem und die primäre Rinde. Im hypocotylen Gliede nimmt jedoch sein Durchmesser in absteigender Folge beständig ab, um in einer Tiefe von circa 1 cm unter den Cotyledonen ganz aufzuhören und einem umfangreichen centralen Xylemcylinder Platz zu machen.

In den unteren Stengelteilen, insbesondere im hypocotylen Stengelgliede sind die Wände der Markzellen ein wenig verdickt und mit einfachen Tüpfeln versehen. Dieselben sind kreisrund oder oval. Die Zahl der Tüpfel ist einerseits in den mehr dem Xylem zu gelegenen Zellen, andererseits in den Querwänden eine grössere. Die in den Längswänden befindlichen, ovalen Tüpfel stehen im allgemeinen mit dem grössten Durchmesser horizontal.

Die Markzellen erleiden in centrifugaler Folge im allgemeinen eine Verringerung ihres Querdurchmessers, eine Abnahme ihrer Seitenzahl von 6 — 8 auf 3 — 4 und eine beständig zunehmende Längsstreckung (- - 10 × 1). Jedoch treten auf dem Q. Sch. grosslumigere, 4 - 6seitige Zellen, welche unregelmässig zwischen jenen im Lumen enger werdenden Zellen eingestreut sind, in's Auge. Sie schliessen ziemlich dicht an einander, so dass nur kleine und unscheinbare Intercellularen entstehen. Auf dem L. Sch. sind sie rechteckig und im Centrum drei- bis viermal so lang als breit. Weiter im Stengel hinauf werden sie zartwandig und runden sich an den Ecken ein wenig mehr ab, wodurch

überall kurze, meist dreikantige (Q. Sch.) Intercellularräume entstehen. Gleichzeitig nimmt ihr Längsdurchmesser bedeutend ab (im Centrum 1 × 2). In dieser Region bildet ein feinkörniges Plasma mit deutlichem Zellkern den Zellinhalt, wohingegen in den älteren Zellen kontrahiertes Plasma oder abgestorbene Reste desselben sich vorfinden.

Die Markscheide ist gebildet aus langgestreckten Parenchymzellen (10—20 × 1), deren Wände in den unteren Stengelteilen wenig verdickt und verholzt sind und nach den jüngeren Regionen zu immer zarter werden. Die Radialwände fallen fast genau in die Radialebene. Die Scheidenzellen bilden einen ohne Intercellularen fest zusammen hängenden Mantel. Ihr Lumen ist geringer als das der übrigen Markzellen.

§ 31. **Holz- und Bastkörper:** Das Xylem ist, wie schon im vorigen Paragraphen erwähnt, in den unteren Stengelteilen verhältnismässig stark entwickelt. Der radiale Maximaldurchmesser erreicht durchschnittlich 1,2 mm und nimmt im epicotylen Stengelgliede aufsteigend ziemlich rasch ab, bis derselbe nach der Reduction auf 0,2 mm für die längste Strecke konstant bleibt.

In den primären Bündeln besteht das Xylem aus Spiral- und Ringgefässen, welche zu 3 bis 4 in radialen Reihen an einander liegen, welche wieder durch zartes Parenchym verbunden werden. Unfern vom Vegetationspunkte vereinigen sich die primären Xylemstränge, welche sämtlich aus den Blattspuren hergeleitet sind, durch das Auftreten von Interfascicularcambium zu einem continuierlichen Ringe (Q. Sch.).

Die sekundär hinzutretenden Elemente stehen ebenfalls in radialen Reihen geordnet. Die Zellwände sind lignificirt. Unverholzt und zart bleiben die parenchymatischen Zellen, welche an der Innenseite der Primärbündel halbkreisförmig in das Mark vorspringen und sich scharf von diesem abheben, so lange die Zellwände des letzteren verdickt sind. In halber Höhe des Stengels findet ein unmerklicher Übergang des zarten Holzparenchyms in das ebenso beschaffene Mark statt, wenn auch noch das erstere sich durch seine Kleinlumigkeit als besondere Gruppe auf dem Q. Sch. hervorthut. Die innersten Spiralgefässe haben lang ausgezogene Spiralleisten und sind wie auch einzelne Ringgefässe stark zusammen gedrückt. Die folgenden Spiralgefässe besitzen zwei eng über einander stehende Spiralleisten.

Bei den Ringgefässen finden auch Übergänge in die Spiralform statt. An die genannten Elemente schliessen sich grosslumige Porengefässe, Tracheiden und Holzfasern an, welche von ein- und zweireihigen Markstrahlen radial durchsetzt werden. Was zunächst die letzteren anlangt, so lassen sich dieselben auf dem Querschnitt leicht an ihrem radial gestreckten Lumen erkennen, wohingegen sie auf den Längsschnitten nur schwer von den Holzfasern unterschieden werden können, denen sie ganz ähnlich ausgebildet sind. Nur selten treten in den Markstrahlzellen eine oder mehrere Querwände auf oder dieselben differenzieren sich durch eine geringere Verdickung der Zellwände auf Tangentialschnitten. Ein sicheres Erkennungszeichen ist jedoch der Gehalt an Protoplasma, da dieses aus den specifischen Holzelementen ausgewandert ist. Die Markstrahlzellen stehen mit einander durch einfache Tüpfel und mit angrenzenden Tracheen oder Tracheiden durch Hoftüpfel in Communication

Das Xylem wird grösstenteils aus Libriformfasern mit wenig zahlreichen einfachen Tüpfeln gebildet. Dazwischen liegen die grosslumigen Tracheen und Tracheiden, welche vielfach zu mehreren sowohl radial, wie tangential an einander grenzen. Diese sind rundlich polyedrisch mit meist ovalem, mehr in radialer Richtung ausgedehntem oder unregelmässigem Lumen. Dasselbe ist bei den betreffenden Elementen grösser im hypocotylen Stengelgliede als im epicotylen. Es beträgt:

a) im epicotylen Stengelgliede:
0,024 mm (0,028) in rad. Richt. u. 0,02 mm (0,026) in tang. Richt.

b) im hypocotylen Stengelgliede:
0,039 mm (0,05) in rad. Richt. u. 0,026 mm (0,033) in tang Richt.

Die Tracheen sind behöft getüpfelt. Sie sind aus den Tracheiden durch Perforation der schräg nach verschiedenen Richtungen geneigten Querwände unter Zurücklassung eines die einzelnen Glieder abgrenzenden, weit in das Lumen vorspringenden Ringes entstanden. Nicht selten findet sich auch seitliche Perforation sowohl zwischen den Tracheen unter sich, als auch mit den Tracheiden. Sie besteht in einer ovalen Öffnung in den Längswänden, welche dieselbe Grösse erreicht wie die in den Querwänden.

Das Xylem ist von dem Phloem in einer ringförmigen Zone umgeben, welche sich schon nahe unter dem Vegetationspunkte

bildet, während das Xylem selbst noch nicht vollkommen ringförmig geschlossen ist. Später überholt jedoch das Xylemgewebe in seiner Entwicklung das Phloem um das Doppelte. Die Elemente des letzteren schliessen sich der radialen Anordnung des ersteren an mit Ausnahme der äussersten Bastzone, in denen die Zellen sowohl durch Verschiebungen wie durch Kreuz- und Querteilungen ein unregelmässiges Gewebe darstellen.

Der Bast besteht aus Siebröhren und schmalen langgestreckten, zartwandigen Parenchymzellen, welche zuweilen prosenchymatisch zugespitzt sind. In der Cambialzone sind die Zellen sehr lang (20 × 1), auf dem L. Sch. rechteckig und ihre Zellwände besonders zart. Auf dem Q. Sch. zeigen sie ein rechteckiges, in der Tangentialebene ausgedehntes Lumen. Nach aussen hin nimmt dieses in radialer Richtung zu, während gleichzeitig die Zellwände kallöser werden und das Cambium in Cambiform übergeht. Beide zusammen bilden eine Ringzone von radial zu 5 bis 7 an einander gereiheten Zellen. Mehr nach aussen wird diese Anordnung, wie gesagt, gestört und es entstehen durch Auseinanderweichen der Zellwände und Abrundung der Zellen kleine Intercellularräume. Neben dem protoplasmatischen Inhalt findet sich in den Phloemzellen auch Stärke. Im hypocotylen Stengelgliede treten an der äusseren Phloemgrenze Nester von Steinzellen auf, welche in Reihen geordnet über und nebeneinander stehen. Die Steinzellen sind doppelt so lang als breit und zeigen mehrere concentrische Verdickungsschichten, welche gleichmässig stark ausgebildet und von einfachen, sowie verzweigten Tüpfelkanälen durchbrochen sind.

Das Phloem ist nach aussen von einer Scheide umgeben. Dieselbe besteht aus einer Schicht von wenig verdickten englumigen Parenchymzellen (4 × 1), welche auf dem Q. Sch. bezogen ursprünglich tangentinal gestreckt sind, sich aber nachträglich durch Radialwände in mehrere kleinere Zellen geteilt haben. Dieselben schliessen unmittelbar und fest an einaner. In denselben finden sich in jüngeren Teilen sporadisch stäbchenförmige und kubische Oxalatkrystalle eingekapselt.

§ 32. **Primäre Rinde**: Das Rindengewebe hebt sich vom Phloem deutlich durch eine beträchtlichere Grösse seiner Zellen ab. Dieselben sind sehr zartwandig und besitzen ein relativ grosses Lumen, welches in centrifugaler Richtung ein wenig ab-

nimmt. Auf dem Q. Sch. ist dasselbe ellipsoidisch und in tangentialer Richtung gestreckt oder zuweilen auch durch Druck unregelmässig verzerrt. Vielfach treten radiale Teilwände in den Zellen des Rindenparenchyms auf. Sie sind auf den Längsschnitten in den unteren Stengelteilen quadratisch, in den oberen mehr longitudinal gestreckt (2 × 1). In den jüngsten Regionen besteht das Gewebe aus isodiametrischen Zellen und ist bedeutend lakunöser als die übrige primäre Rinde, während gleichzeitig der Gehalt an Chlorophyll steigt. Das letztere ist in der primären Rinde überall verbreitet. Daneben findet sich auch Stärke in dem protoplasmatischen Inhalt eingebettet

An fünf Stellen wird das Assimilationsgewebe durch mechanische Elemente unterbrochen. Dieselben bestehen aus langgestreckten chlorophyllosen, parenchymatischen Collenchymzellen (10 × 1), welche, zu Strängen vereinigt, keilförmig bis zur Endodermis in das primäre Rindenparenchym einschneiden.

Diese Collenchymstränge liegen im Grunde der fünf Längsfurchen des Stengels und sind an der Oberfläche desselben deutlich sichtbar. Sie verlaufen senkrecht nach unten, teilen sich jedoch, sobald sie auf eine Blattbasis stossen in zwei Stränge, welche um diese herumliegend getrennt und parallel mit einander abwärts laufen und sich früher oder später mit einem dieselbe Richtung habenden Nachbarstreifen vereinigen. Auf diese Weise bleibt die Zahl der Collenchymstränge stets fünf. Wie schon bei der Anatomie des Blattes erwähnt worden ist, schliesst sich das Collenchym desselben an den auf die Basis des betreffenden Blattes aufstossenden Collenchymstrang des Stengels an.

An den unteren Stengelteilen, namentlich am hypocotylen Gliede, in welchem das Xylem bedeutend stärker entwickelt ist, verschwindet das Collenchym fast ganz, während zugleich der Stengel sich äusserlich abrundet und an Stelle der Epidermis Korkgewebe tritt. Dasselbe bildet keinen umfassenden geschlossenen Mantel, sondern ist vielfach durch Längsrisse zerteilt, so dass der Kork in schmalen Leisten hervortritt. An diesen Stellen ist derselbe mehrere Zellschichten stark, während unter den Rissen nur die äusserste Zellschicht verkorkt. Das Rindenparenchym wird dabei auf zwei bis drei Zelllagen reduciert und ist fast frei von Chlorophyll.

§ 33. **Oberhaut:** Die Oberhaut besteht aus langgestreckten (10 × 1) Zellen mit geringem radialen Durchmesser. Die Aussen-

und Innenwände sind stark verdickt, während die antiklinen Wände zart bleiben. Die letzteren verlaufen geradlinig und zwar die Längswände parallel der Stengelachse, während die Querwände teils senkrecht, teils schiefwinklig zu denselben stehen.

Sie enthalten körnigen, protoplasmatischen Inhalt mit deutlichem Zellkern und stehen durch einfache, sehr feine, ellipsoidische Poren mit einander und dem Rindenparenchym in Verbindung. Über dem Assimilationsgewebe finden sich in der Oberhaut Spaltöffnungen, welche in der Längsrichtung der Hauptachse parallel gestellt sind und etwas unter dem Niveau der Epidermis eingesenkt liegen.

Die Cuticula bildet ein feines Häutchen, welches mit vielen deutlichen Längsfalten behaftet ist.

Trichome kommen fast ausnahmslos nur in den rinnenförmigen Vertiefungen des Stengels vor und zwar sowohl Borsten- wie Köpfchenhärchen, welche dicht wie Büschel vereinigt stehen. Jene sind zusammengesetzt aus einer Zellreihe von zwei länglich rechteckigen und einer äussersten zugespitzten Zelle, sämtlich mit hellem protoplasmatischen Inhalt und deutlichem Zellkern versehen. Die Köpfchenhärchen bestehen aus einem kurzen einzelligen Stiel und einem zweizelligen von einer vertikalen Scheidewand durchbrochenen Köpfchen, welches einen braunen, amorphen Farbstoff enthält.

Dischisma arenarium. E. Mayer.

Anatomie des Blattes.

§ 34. **Dischisma arenarium** ist eine in Süd-Afrika und Australien vorkommende krautartige Pflanze mit niederliegendem, kriechendem Stengel. Die circa 20 mm langen und 2 mm breiten Stengelblätter (auch die Tragblätter) sind wie die gleich grossen Keimblätter linealisch, am Grunde sitzend; die Endigung ist spitz und die Lamina flach ausgebreitet. Zum Unterschied von den Keimblättern finden sich bei den meisten Stengelblättern gegen die Spitze hin an den Rändern je ein Zähnchen, bei älteren Blättern an einer Seite sogar zwei, welche auch bei der Blattanatomie in Frage kommen.

§ 35. **Gefässbündel:** Die Keimblätter sind einspurig, die Stengelblätter hingegen dreispurig. Die drei Hauptgefässbündel laufen ziemlich parallel neben einander her. Von denselben sind die beiden seitlichen viel weniger stark ausgebildet wie das mittlere, welches sich schon äusserlich als Blattrippe markiert. Während dieses als medianer Strang in die Blattspitze ausläuft, endigen jene in den oben erwähnten Blattzähnchen. Vielfach teilt sich noch eins dieser Bündel am oberen Ende und tritt in ein zweites Zähnchen aus Die drei Gefässbündelstränge stehen durch ziemlich zahlreiche Anastomosen in Verbindung, welche niemals freie Endigungen in das Grundgewebe entsenden. Auf dem Blattquerschnitt sind sie neben den drei grösseren als durchschnittlich vier kleinere Bündel zu beobachten. Sie liegen sämtlich in dem mittleren chlorophyllhaltigen Grundgewebe. Die kleineren Gefässbündel sind auf eine geringe Anzahl von Gefässen und Bastelementen reducirt, während dasjenige des Hauptnerven ziemlich umfangreich ist und ungefähr den dritten Teil des medianen Durchmessers auf dem Querscheitt ausmacht. Holz- und Bastteil sind gleich stark ausgebildet. Jener besteht aus Holzparenchym, Spiral- und Ringgefässen, dieser aus sehr zarten langgestreckten Parenchymzellen, zwischen denen sehr feine Siebröhren eingelagert sind. Sclerotische Elemente fehlen. Der Bastteil umgiebt das Xylem von der Blattunterseite halbmondförmig. In jüngeren Blättern ist zwischen beiden eine Cambiumplatte vorhanden, deren Elemente mehr oder weniger reihenförmig gestellt sind Die Thätigkeit des Cambiums prägt sich deutlich in der radialen Anordnung der Holz- und Bastelemente aus, wenn auch die letzteren auf der Aussenseite durch nachträgliche Teilung nach allen Richtungen ein mehr unregelmässiges Gefüge darstellen.

Die drei Hauptgefässbündel sind von Schutzscheiden umgeben, welche aus ringförmig gelagerten, eng an einander schliessenden, langgestreckten Parenchymzellen bestehen. Dieselben zeichnen sich im übrigen aus durch ihre in der Radialebene undulierenden Zellwände, sowie auch dadurch, dass Chlorophyllfarbstoff in den Scheidenzellen des mittleren Bündels garnicht, in denen der seitlichen Bündel nur im geringen Masse auftritt.

§ 36. **Grundgewebe:** Das chlorophyllführende Grundgewebe reiht sich den Gefässbündeln direct an; nur bei dem Medianstrange bildet sich zwischen diesem und der Epidermis nach beiden Blatt-

seiten hin ein chlorophyllfreier Zellstreifen aus, der sich nach aussen keilförmig verbreitert und sich durch seine Helligkeit schon dem unbewaffneten Auge kund giebt. Die innen liegenden Zellen sind gleich denen der Schutzscheide gestreckt und nehmen in centrifugaler Richtung an Länge ab. Ausserdem sind sie nach der Oberseite hin alle collenchymatisch verdickt, während dies auf der Unterseite nur der Fall ist bei den an die Epidermis angrenzenden Zellen. Im übrigen ist das Grundgewebe ziemlich gleichmässig ausgebildet. Eine Differenzierung des assimilierenden Mesophylls in Schwamm- und Palisadenparenchym tritt nicht oder weniger deutlich hervor. Es besteht aus runden oder rundlich polyedrischen Zellen mit vielen kleinen Intercellularen. Nach der Mitte zu verschieben sich die Zellwände zu unregelmässigen Formen. Gleichzeitig treten grössere Intercellularräume auf und der Gehalt an Chlorophyll wird geringer. Nach der Blattspitze zu nach beiden Seiten, sowie in ausgewachsenen Blättern nach der Oberseite wird das chlorophyllhaltige Parenchym mehr weniger palisadenförmig ohne jedoch diese Form vollkommen zu erreichen, indem nämlich die Zellen in den beiden äusseren Lagen unter der Epidermis sich etwas in vertikaler Richtung zu dieser strecken. Dabei alternieren die Zellen der weniger dichten inneren Lage mit denen der äusseren und stehen mit ihren Endflächen fest auf einander, wohingegen ihr Zusammenhang an den Längsseiten von feinen Interstitien unterbrochen wird. Diese stehen mit den Spaltöffnungen in Verbindung, deren Athemhöhlen dadurch gebildet werden, dass das Parenchym unterhalb derselben etwas zurücktritt. Bei allen Blättern, wo sich die erwähnte Streckung der Zellen nicht vorfindet, unterscheidet sich das Parenchym der Oberseite von dem der Unterseite nur durch einen grösseren Gehalt an Chlorophyll und auch dadurch, dass die Intercellularräume im Parenchym der Unterseite zahlreicher werden, ohne jedoch ein häufigeres Auftreten von Spaltöffnungen zu veranlassen. Aus diesen Gründen erscheint auch die Unterseite mattgrüner als die obere.

§ 37. **Oberhaut:** Die Epidermis ist auf der Unter- und Oberseite abgesehen von der Behaarung gleichartig ausgebildet. Die Oberhautzellen sind flach und in der Längsrichtung des Blattes gestreckt, (10 × 5 × 1 d. h. doppelt so lang als breit und zehnmal so lang als tief). Ihre antiklinen Wände sind zickzackförmig ge-

bogen. Hiervon machen die Epidermiszellen über der Hauptrippe eine Ausnahme, sie sind sowohl auf der Unter- wie Oberseite tafelförmig gestaltet, ebenfalls longitudimal gestreckt, aber weniger breit und tief als die übrigen (8 × 1 × 0,5) und mit geradlinigen Wänden. Diese Zellen bilden zu 4 — 7 neben einander einen den Hauptnerven begleitenden Streifen, welcher frei von Spaltöffnungen ist. Am Blattrande sind die Zellen bedeutend schmäler, ihr Querdurchmesser geringer als der der übrigen Oberhautzellen. Die äusserste den Rand bildende Wand ist gerade und nur die übrigen wellenförmig gebogen. Die Cuticula ist in geringem Masse verdickt und überall mit dicht an einander liegenden feinen Längsfalten versehen. Sie wird unterbrochen von zahlreichen Spaltöffnungen, welche mit ihrer Längsrichtung im allgemeinen mit nur geringen Abweichungen parallel der Blattachse gestellt sind.

Trichome finden sich nur am Blattrande und am unteren Teil der Oberseite, besonders in der Blattachsel. Die Randzellen des Blattes wachsen vielfach zu langen Borstenhaaren aus, welche aus einer Reihe von meist 10 Zellen bestehen, deren mittlere besonders langgestreckt sind. Weniger lang sind die Borstenhärchen auf der Oberseite, von denen bei einigen wiederholt einzelne Zellen sich spindelförmig erweitern resp. einschnüren. Ferner kommen auch sackartig sich ausstülpende kurze Drüsenhaare vor, denen noch eine kugelförmige, meist sich schalenförmig öffnende Zelle aufsitzt. Köpfchenhaare zeigen sich seltener. Sie bestehen aus einem einzelligen verhältnissmässig kurzen Stiel und einem zweizelligen Kopf mit verticaler Scheidewand.

Anatomie des Stengels.

§ 38. **Mark:** Der Markcylinder ragt in das hypocotyle Glied noch ca. 1 — 2 cm tief hinein und nimmt nach unten allmählich an Umfang ab. Im Gegensatz zu den Markzellen des epicotylen Gliedes besitzen dieselben hier ziemlich stark verdickte und verholzte Zellwände mit centrifugal abnehmender Stärke. Im übrigen besteht das Mark aus zarten auf dem Querschnitt rundlich polyedrischen vier- bis siebenseitigen Zellen. Das Lumen derselben nimmt nach aussen allmählich ab, wenn auch einzelne grosslumige Zellen auf dem ganzen Querschnitt zerstreut vorkommen. Mit der Grösse des Lumens vermindert sich ebenfalls die Länge der Zellen; im Centrum mehr quadratisch, oft in verticaler Richtung

zusammengedrückt erscheinend, strecken sie sich gegen die Peripherie zu mehr in die Länge (bis 2 × 1). An den Ecken sind sie fast durchgängig von kleinen, meist dreikantigen schyzogenen Intercellularen begleitet. Dagegen schliessen sich die Zellen an der Grenze des Markcylinders ohne Interstitien eng aneinander, die Markscheide bildend. Bemerkenswert ist noch, dass in den unteren Stengelteilen die Zellwände des Markes fast durchgängig mit einfachen runden oder ovalen oder wenig zugespitzten, zerstreut liegenden Tüpfeln versehen sind. Die Tüpfelung schwindet allmählich nach den jüngeren Regionen des Stengels zu. Auch zeigt sich hier eine Verschiedenheit in der Gestaltung und sonstigen Beschaffenheit der Zellen. Sie sind sehr zartwandig und abgerundet, besitzen Stärkegehalt und vereinzelt kleine Stäbchenkrystalle, während die Markzellen in den übrigen Teilen inhaltslos sind.

§ 39. **Holz- und Bastkörper:** Dieselben bilden einen geschlossenen Hohl-Cylinder, in welchem der Bast das Holz umlagert. An den Stellen der ursprünglichen primären Gefässbündel ragt das Xylem halbkreisförmig in das Mark hinein Die Elemente des Holzes sind streng radial geordnet. Die dasselbe durchsetzenden Markstrahlen sind ein- bis zweireihig. Dieselben bilden schmale Bänder von prosenchymatisch zugespitzten Zellen, welche zu mehreren über einander stehen und sich in einander einkeilen. Ihr Längendurchmesser ist zwei- bis dreimal so gross als der radiale. Nur selten sieht man sie noch durch horizontale Querwände geteilt. Auf dem Querschnitt unterscheiden sie sich deutlich von den übrigen Xylemelementen durch ihr ovales, radial gestrecktes Lumen, während dasjenige der letzteren selbst, mit Ausnahme der grösseren Gefässe, rechteckig und tangential gestreckt ist. Das Holz besteht sonst aus kürzeren prosenchymatischen Zellen und längeren Holzfasern, denen die weitlumigen auf dem Querschnitt rundlich polyedrischen Tracheen einzeln oder zu mehreren neben einander eingereiht sind. Die lignificirten Zellwände sind überall nur wenig verdickt. Die Perforationsebenen der Gefässe liegen teils horizontal, teils schräg; die Perforation selbst ist kreisrund oder oval. Die Querwände zeigen vor ihrer Resorption grosse Tüpfel, deren Mittellamelle später zerreisst und bisweilen noch in Fetzen in das Gefäss hineinhängt. Dem Mark schliessen sich zunächst Spiralgefässe mit lang ausgezogenen feinen Spiralen

an, deren Umgänge bei den mehr nach aussen zu liegenden Gefässen eng zusammen stehen und meistens zwei Spiralverdickungen besitzen. In centrifugaler Richtung folgen dann Ring- und poröse Gefässe. Letztere sind am häufigsten vertreten. Die grösseren Gefässe haben im Lumen einen radialen Durchmesser von 0,022—0,039 mm bei einem entsprechenden Tangentialdurchmesser von 0,018—0,02 mm. Während dieser wenig Veränderungen in der Grösse ausgesetzt ist, geschieht solches umsomehr bei dem ersteren. Dabei sei bemerkt, dass nach dem Herbstholz zu deutliche Abnahme des radialen Durchmessers bei allen Xylemelementen sich zeigt. In den jüngeren Stengelteilen, in welchen sich die primären Bündel noch nicht ringförmig zusammengeschlossen haben, besteht das Xylem aus parenchymatischen Zellen und aus Ringgefässen, die meist zu 2—3 in radialer Richtung an einander liegen.

Den radial gereiheten Holzelementen und Markstrahlen schliesst sich eine ringförmige Zone (auf den Querschnitt bezogen) von Reihencambium an. Schon dicht unter dem Vegetationspunkte verbinden sich die Cambiumschichten der primären Gefässbündel durch Interfascicularcambium, in Folge dessen sich rasch ein zusammenhängender Bündelring bildet. Das Cambium entwickelt sich kräftig und erreicht einen Umfang von ungefähr 8 radial an einander liegenden Zellen. Ihre Form bietet nichts Aussergewöhnliches. Sie enthalten ein helles, dünnflüssiges, dicht- und feinkörniges Plasma mit ovalem, deutlich hervortretenden Zellkern. Während die Tangentialwände der Cambiumzellen zart und relativ dünn bleiben, verdicken sich die Radialwände und zeigen ein starkes Lichtbrechungsvermögen. Die Zellen bilden nicht nur in radialer Richtung, sondern auch der Länge nach ununterbrochene Reihen mit schräg von einer Tangentialebene zur anderen geneigten Querwänden. Sie stimmen mit einander in ihrer Gestalt fast ganz überein, nur ist ihr radialer Durchmesser danach verschieden, ob aus denselben die dünnen Markstrahlen oder specifische Holzelemente hervorgehen. Im ersten Falle ist der radiale Durchmesser der Cambialzellen gleich oder grösser als der tangentiale, während im zweiten Falle das Entgegengesetzte im erhöhten Masse eintritt. Das Cambium geht in centrifugaler Richtung zunächst in Cambiform über und nur eine schmale äussere Phloemzone weist Zellen auf, die sich durch Längswände nach allen Richtungen hin teilen und ihre Zellwände verschieben,

wodurch das Phloemgewebe sich hier unregelmässiger gestaltet. Auch die Cambiformzellen ändern nach aussen hin insofern ihre Form, als ihre Querwände auf dem Tangentialschnitt sich dachig zuspitzen und die übereinander stehenden Reihen in Folge dessen alternieren. Die äussersten Phloemzellen haben senkrechte Querwände und sind kürzer wie die übrigen (2 bis 3 × 1). Sie sind reich an feinkörnigem Plasma und kleinen Stärkekörnchen. Bemerkenswert ist das Auftreten von Sklerenchymelementen an der Grenze des Phloems in den aufrechtstehenden Stengelteilen Im hypocotylen Gliede sind es viele zerstreute Steinzellen mit einfachen und verzweigten Porenkanälen. Dieselben durchbrechen zu vielen die Verdickungsschichten der Zellwände, in Folge dessen sie oft ganz unregelmässig zerklüftet erscheinen. In dem epicotylen Stengelteil übergehend setzen sich die Steinzellen zu langen Reihen über einander. Ihre horizontalen Querwände werden zum Teil resorbiert, zum Teil bleiben diese ganz dünnwandig, während die Längswände stark verdickt und verholzt sind. Das Lumen, welches oval ist, verengt sich in Folge dessen sehr. Im Umriss sind die Zellen vier- bis achteckig. Die Wände zeigen concentrische Schichtungen mit meist einfachen, selten verzweigten Porenkanälen. Diese Reihen von Steinzellen stehen den eigentlichen Bastfasern sehr nahe. Zwar enden jene meistens stumpf und nur selten in einer spitz ausgekeilten Zelle, aber die sie zusammensetzenden ursprünglichen parenchymatischen Zellen stehen lückenlos und sehr fest auf einander. Daher scheinen diese Stränge mehr auf Biegungsfestigkeit als auf Druck konstruierte Stereome darzustellen. Neben diesen Sklerenchymsträngen finden sich sporadisch verdickte Zellen mit einfachen Tüpfeln. Schon in der Mitte und vollends in den oberen niederliegenden Stengelteilen verschwinden die sklerenchymatischen Elemente.

§ 40. **Primäre Rinde**: Die primäre Rinde schliesst sich direct an das Bastgewebe an mit Ausnahme der unteren Stengelregion. Indem gleichzeitig nach aussen Korkbildung stattfindet ist hier das Phloemvon einer distincten Schutzscheide umgeben. Dieselbe umschliesst als einschichtiger Zellenring (auf den Querschnitt bezogen) die Bastzone. Sie besteht aus langen schmalen Parenchymzellen, deren Längendurchmesser 5—8 mal und deren Tangentialdurchmesser ca. 2 mal so lang ist als der radiale. Die Zellwände sind nicht verdickt Von den angrenzenden Bastelementen stechen

sie deutlich durch ihr umfangreicheres und rechteckiges Lumen ab. Sie schliessen lückenlos und fest an einander. Ihre Radialwände fallen fast durchweg streng in die Richtung des Radius. Vielfach teilen sich die Scheidenzellen wiederum durch sehr zarte Radialwände, welche meist wellenförmig gebogen sind. An die Schutzscheide schliessen sich drei bis vier Zellschichten grosser auf dem Querschnitt länglich runder Zellen an, welche mehr weniger von innen nach aussen zusammengedrückt erscheinen und deren Wände meist durch den Druck unregelmässig verzerrt sind. An der Innenseite der primären Rinde ist das Zelllumen am grössten; es nimmt nach aussen hin successive ab. In gleichem Masse verringert sich auch der Längendurchmesser der Zellen (10 × 1 auf 2 × 1). Die äussersten derselben alternieren mit den eng angrenzenden Epidermiszellen und sind in den Ecken collenchymatisch verdickt. Zwischen allen übrigen Zellen der primären Rinde befinden sich Intercellularräume. Chlorophyll und Stärkekörner finden sich besonders in den beiden äusseren Zelllagen. In den jüngeren Stengelteilen nehmen die Rindenzellen bedeutend an Länge ab; ihr Querschnitt ist rund; der Chlorophyllgehalt steigt. Stellenweise muss hier das grüne Gewebe einzelnen Collenchymstreifen weichen, welche von der Epidermis aus keilförmig drei bis vier Zelllagen tief in die Rinde hineinragen. In den jüngsten Teilen schliesst ein zweischichtiger Collenchymmantel das Phloem ein. In der unteren Stengelregion reducirt sich das Rindenparenchym durch Bildung von Kork bis auf eine oder zwei Zellschichten. Derselbe reicht vom Kotyledonarknoten aus ca. 10 cm am Stengel hinauf und findet sich ebenso an den oberirdischen Teilen des hypocotylen Gliedes. Hier schliesst es sich ein bis zwei Schichten stark direct an das Bastgewebe an. Die Ausbildung des Korkes geschieht folgendermassen: In Folge des peripherischen Wachstums bilden sich in dem grösseren Teile der Rindenzellen, welche etwas collenchymatisch verdickt sind, feine radiale Teilwände. Die neu entstandenen Zellen wachsen zunächst in der ersten subepidermalen Rindenschicht, später auch in den folgenden in centrifugaler Richtung aus und bilden durch perikline Teilungen eine Phellogenschicht. Die Zahl der Tangentialwände in einer Mutterzelle beträgt meistens zwei. Diese selbst ist auf dem Längsschnitt quadratisch und enthält feinkörniges Plasma und einen ovalen Zellkern. In den wenigen Rindenzellen findet man daneben eine geringe Anzahl kleiner Chlorophyllkörner. Die

Wände der Korkmutterzelle sind an der Aussen- und Innenwand verdickt, während die neu gebildeten Radial- und Tangentialwände sehr zart bleiben. Am äussersten Rande sterben die Oberhautzellen allmählich ab, und Kork tritt an die Oberfläche. Derselbe ist auf der Aussenseite unregelmässig zerrissen und bildet verzweigte Längsfurchen. Die flach gedrückten Korkzellen besitzen entweder ein in tangentialer Richtung gestrecktes, enges Lumen, das zuweilen mit toten Plasmaresten erfüllt ist, oder es verschwindet jenes in Folge starker Verdickung der Zellwände gänzlich.

§ 41. **Oberhaut:** In Bezug auf die Oberhautzellen besteht zwischen dem epicotylen und dem hypocotylen Stengelgliede ein bemerkenswerter Unterschied. Hier sind dieselben in der Flächenansicht sechsseitig, ihr tangentialer Durchmesser doppelt so gross als der senkrechte. Sie schieben sich lückenlos ineinander, indem die neben einander liegenden Zellen alternieren. Innerhalb derselben treten wagerechte antikline Teilwände auf. Im Gegensatz dazu bilden die Epidermalzellen des epicotylen Stengelgliedes rechteckige longitudinal gestreckte Zellen mit geraden antiklinen Zellwänden. Ihr Lumen ist auf dem Querschnitt oval und etwas tangential gestreckt. Die Zellwände sind nach innen und aussen, sowie namentlich in den Ecken verdickt, während die antiklinen Wände zart bleiben. Sie enthalten feinkörniges Plasma und Zellkern. Die Cuticula ist den Epidermalzellen entsprechend wellig gebogen und ausserdem auf der ganzen Oberfläche mit ganz feinen Längsriefen versehen.

Die Epidermiszellen wachsen teils zu kurzen mehrzelligen Borstenhaaren, teils zu Köpfchenhaaren aus. Die Endzelle einzelner Borstenhaare bildet sich zu runden Köpfchen um, in denen auch noch wagerechte Querwände auftreten. Diese gerundeten Endzellen öffnen sich nicht selten, schalenförmige Aufsätze bildend, ähnlich den sackartig sich ausstülpenden Blatthaaren. Die eigentlichen Kopfhaare bestehen aus einem ein- bis zweizelligen Stiel und einem zweizelligen breiten Kopf mit verticaler Scheidewand Sämtliche Haarzellen enthalten feinkörniges Plasma und Zellkern. Erwähnt sei noch, dass in allen jüngeren Stengelteilen die Epidermis rauh behaart ist. Was die Spaltöffnungen anlangt, so ist nur zu berichten, dass sie sich in geringer Anzahl vorfinden, und dass sie mit dem Spalt parallel der Stengelachse liegen.

III. Theil.

Blattcambium.

§ 42. Bei den Untersuchungen über die Anatomie der Blätter der oben angeführten Globulariaceen und Selaginaceen wurde, wie schon im § 2 erwähnt,[1]) mein Interesse sehr in Anspruch genommen durch das Auftreten einer meristematischen Zellplatte zwischen Xylem und Phloem, welche schon auf dem ersten Blick das typische Aussehen des reihenförmig geordneten Cambiums sekundär sich verdickender Dicotyledonenstämme erkennen liess.

Besonders deutlich konnte ich das „Blattcambium" bei den beiden Globulariaceen betrachten und die Entwickelung desselben einerseits, wie den sekundären Zuwachs des Xylems und Phloems andererseits, verfolgen. Die Zellteilung in der Cambiumschicht ist am grössten im jugendlichen Zustande, so namentlich in den zweit- oder drittjüngsten Blättern der eben entfalteten Blattknospe und zwar insbesondere in den basalen Teilen der Hauptblattrippe resp. Blattstielrippe.

Wie schon bei Globularia vulgaris[1]) erwähnt, zeichnen sich die Cambialzellen durch ihre reihenförmige Anordnung, durch die Zartheit ihrer Wände und durch ihren Reichtum an protoplasmatischen Inhalt, sowie durch den Besitz eines grossen, ovalen Zellkernes aus. Sie sind langgestreckt und zeigen, wie gesagt, überhaupt ganz den Character der Cambialzellen, wie sie uns aus den Stämmen sekundär sich verdickender Dikotyledonen bekannt sind. Wie in den primären Gefässbündeln derselben, so bildet sich auch hier im Anfang eine schmale meristematische Zellplatte aus, welche sich rasch verbreitert und einerseits das Xylem, andererseits das Phloem durch ganz dieselben Elemente vermehrt, wie sie im sekundären Dickenwachstum der Stämme vorkommen. Nach der Phloemseite geht das Cambium häufig ganz allmählich und ohne deutliche Abgrenzung in Cambiform über und bildet mit diesem ganz beträchtliche Schichten von reihenförmig angeordneten Zellen, deren Zahl ich in radialer Richtung häufig bis auf zwölf verfolgen konnte.

Während dieser Untersuchungen erfuhr ich, dass schon Rhein[2]) im Jahre 1888 dieselbe Wahrnehmung bei einigen Papilionaceen

[1]) cf. pag. 13.

[2]) l. c. cf. Einleitung pag. 9.

und Caesalpiniaceen gemacht habe. Derselbe weist ein sekundäres Dickenwachstum in den Blattstielen von Copaïfera officinalis, Virgilea lutea und Gymnocladus canadensis nach und hat solches auch bei Cytisus laburnum, Robinia pseudacacia, Gleditschia triacanthos u. a. beobachtet.

Es veranlasste mich dies, von meiner eigentlichen Arbeit aus einen Exkurs zu machen, um auch einzelne Vertreter sämtlicher Ordnungen der Dicotyledonen in den Bereich der speciellen Untersuchung über Blattcambium hineinzuziehen. Das Ergebnis derselben war kein geringeres, als dass ich fast bei sämtlichen unten angeführten Repräsentanten ein sekundäres Dickenwachstum in den umfangreicheren Blattrippen beobachten konnte, wie es in der nachstehenden Übersicht angegeben ist.

Der Einfachheit wegen mag durch folgende Zeichen das mehr oder weniger deutliche Auftreten resp. das Fehlen der Cambiumplatte zum Ausdruck gebracht sein: I d. i. sehr deutlich, II d. i. schwach ausgeprägt, III garnicht vorhanden.

Dicotyleae.[1])

I. Unterklasse. **Choripetalae.**

1. Reihe: **Amentaceae:** Quercus robur II. Juglans regia II.
2. - **Urticinae:** Canabis sativa II (—I).
3. - **Polygoninae:** Rumex acetosa II. Polygonum Brunonis III.
4. - **Centrospermae:** Silene viridiflora I.
5. - **Polycarnicae:** Helleborus viridis I.
6. - **Rhoeadinae:** Papaver nudicaule III. Chelidonium majus II. Bocconia cordata I.
7. - **Cistiflorae:** Hypericum ascyroides II (zuweilen I), Hypericum prolificum II.
8. - **Columniferae:** Malva borealis I.
9. - **Gruinales:** Linum usitatissimum III (—II), Oxalis tetraphyllum III, Geranium palustre III.
10. - **Terebinthinae:** Ruta graveolens I.
11. - **Aesculinae:** Polygala Dalmeisiana I, Aesculus hypocastanum II, Aesculus parviflora II, Paulinia cururu III.
12. - **Frangulinae:** Vitis vinifera II.

[1]) Die Übersicht der Abteilungen nach Eichler, Syllabus.

13. Reihe: **Tricoccae**: Euphorbia palustris I, Mercurialis annua I.
14. - **Umbelliflorae**: Anthriscus silvaticus III, Peucedanum officinale III, Daucus carota III, Heracleum spondilium III, Silaus pratensis III; Hedera helix I.
15. - **Saxifraginae**: Saxifraga Geum II.
16. - **Opuntinae**: Peireskia aculeata I.
17. - **Passiflorinae**: Passiflora coerulea I.
18. - **Myrtiflorae**: Epilobium rosmarinifolium II (— I).
19. - **Thymelinae**: Daphne mezereum II.
20. - **Rosiflorae**: Rosa centifolia III (— II), Potentilla recta III. Sanguisorba canadensis III.
21. - **Leguminosae**: Trifolium rubens I u. a.[1])

Anhang: **Hysterophyta**: Aristolochia clematitis I.

II. Unterklasse: **Sympetalae.**

1. Reihe: **Bicornes**: Erica vulgaris III, Pirola rotundifolia III (— II), Rhododendron ponticum I.
2. - **Primulinae**: Primula officinalis II, Armeria plantaginea II, Plumbago europaea I.
3. - **Diospyrinae**: Diospyros lotus I.
4. - **Contortae**: Gentiana lutea I, Gentiana acaulis I.
5. - **Tubiflorae**: Hyoscyamus niger II (— I), Borago officinalis I.
6. - **Labiatifloriae**:
   a, Scrophulariaceae: Linaria genistafolia II (— I).
   b. Labiatae: Hyssopus officinalis I, Lamium longifolium I, Lycopus europaeus I.
   c. Verbenaceae: Verbena hispida I.
   d. Plantaginaceae: Plantago arenaria I.
   e. Selaginaceae: Selago corymbosa II, Hebeustreitia tenuifolia II, Dischisma arenarium II.
   f. Globulariaceae: Globularia vulgaris I, Glob. nudicaulis I.
   g. Myoporineae: Myoporum crystallinum I.
7. Reihe: **Campanulinae**: Phyteuma carescens I.
8. - **Rubiinae**: Sambucus nigra I.
9. - **Aggregatae**: Arnica montana II, Valeriana officinalis II (— III), Valeriana angustifolia II (— III).

[1]) cf. Rhein, l. c.

Buchdruckerei von J. Grossmann, Potsdam.

Druckfehler-Berichtigung.

Seite	10	Zeile	18	lies	lückenhaft statt lücken-
-	10	-	27	-	Globulariaceen statt Globularialceen.
-	13	-	4	-	in der Anmerkung (2 — 3 × 1) statt (2 bis 3 × 1).
-	14	-	16	-	collenchymatisch statt cellenchymatisch.
-	15	-	16	-	Schwammparenchym st. Schammparenchym.
-	15	-	30	-	Chlorophyllgehalt statt chlorophyllgehalt.
-	17	-	19	-	anti-klinen statt antik-linen.
-	23	-	2	-	tangential statt trangential.
-	35	-	1	-	in Frage statt in die Frage.
-	41	-	33	-	ganzrandig statt ganz randig.
-	48	-	21	-	herumbiegend statt herumliegend.
-	57	-	14	-	vertikale statt senkrechte.
-	59	-	25	-	Polycarpicae statt Polycarnicae.
-	60	-	23	-	Labiatiflorae statt Labiatifloriae.